

MÉTRICAS DE GESTIÓN DEL RIESGO DE DESASTRES EN COMUNIDADES
RURALES DEL MUNICIPIO DE ANSERMANUEVO, VALLE DEL CAUCA

MARIO ALEJANDRO CARDONA VÁSQUEZ
YESENIA HERRERA MARTÍNEZ
ELSY RUBIELA MARTÍNEZ CARMONA
LEILA XIMENA VILLEGAS BUENO

UNIVERSIDAD LIBRE SECCIONAL PEREIRA
FACULTAD DE INGENIERÍAS
INGENIERÍA CIVIL
PEREIRA, RISARALDA
2017

MÉTRICAS DE GESTIÓN DEL RIESGO DE DESASTRES EN COMUNIDADES
RURALES DEL MUNICIPIO DE ANSERMANUEVO, VALLE DEL CAUCA

Auxiliares de Investigación

MARIO ALEJANDRO CARDONA VÁSQUEZ
YESENIA HERRERA MARTÍNEZ
ELSY RUBIELA MARTÍNEZ CARMONA
LEILA XIMENA VILLEGAS BUENO

PROYECTO DE GRADO PARA OPTAR EL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL

Investigador principal

ALEJANDRO ALZATE BUITRAGO

UNIVERSIDAD LIBRE SECCIONAL PEREIRA
FACULTAD DE INGENIERÍAS
INGENIERÍA CIVIL
PEREIRA, RISARALDA
2017

DEDICATORIA

Dedico este proyecto especialmente a mi familia, que me enseñaron que con esfuerzo y dedicación todas las metas se pueden alcanzar.

Mario Alejandro Cardona

A Dios por sus infinitas bendiciones y por haber puesto en mi camino a aquellas personas que han sido mi soporte y compañía durante todo el periodo de estudio.
A mis padres por ser el pilar fundamental en todo lo que soy, en toda mi educación, tanto académica, como de la vida, por su incondicional apoyo perfectamente mantenido a través del tiempo. Dedico de manera especial a mi madre Yolanda pues ella fue el principal cimiento para la construcción de mi vida profesional.
A mi Familia y amigos por su incondicional apoyo en el camino recorrido.

Yesenia Herrera Martínez

*Dedico este proyecto a mis padres,
por mostrarme el camino de la superación a través de la disciplina.
Mis hermanos por ser un gran ejemplo de vida.*

Elsy Martínez

*Dedico este trabajo a la mujer más admirable que conozco:
mi madre Diana María Bueno,
por su esfuerzo, dedicación y sacrificio en que este logro fuera posible.*

Leila Ximena Villegas Bueno

AGRADECIMIENTOS

Primero quiero dar gracias a dios por siempre estar conmigo y permitirme alcanzar un logro más en mi vida; a mi familia, en especial a mi madre luz ángela, mi padre luis fernando, y a rafael que siempre han estado a mi lado brindándome un apoyo incondicional, a mis compañeros del proyecto y a la universidad por ser el medio por el cual he podido alcanzar mis metas.

Mario Alejandro Cardona

A dios por haberme permitido llegar hasta este punto y haberme dado vida y salud para lograr mis objetivos.

A mi madre por haberme apoyado en todo momento, por sus consejos, sus valores, por la motivación constante que me ha permitido ser una persona de bien, pero más que nada, por su amor.

A mi padre por los ejemplos de perseverancia y constancia que lo caracterizan y que me ha infundado siempre, por el valor mostrado para salir adelante y por su amor.

A mi hermana Alejandra por ser el ejemplo de una hermana mayor y de la cual aprendí aciertos y de momentos difíciles.

A mi sobrino Juan José por ser el motor de mi vida.

A mi amiga leila con la cual nos apoyamos mutuamente en nuestra formación profesional y que hasta ahora, seguimos siendo amigas.

Yesenia Herrera Martínez

Agradezco mucho a Dios, por permitirme culminar este logro.

A Leyla, Yesenia y Mario,

porque sin ustedes no sería posible la finalización de este proyecto.

A mi familia por su apoyo incondicional.

Elsy Martínez

*Agradezco primero que todo a Dios porque me brindo la vida y
la salud necesaria para la realización de este proyecto.
Agradezco a mi madre quien se esforzó y sacrifico para que hoy este logro sea posible, a
mi abuela y mi familia en general
porque han sido mi motor en cada segundo de este proceso.*

Leila Ximena Villegas Bueno

*Finalmente agradecemos a los maestros, aquellos que marcaron cada etapa de nuestro
camino universitario, en especial a Alejandro Álzate quien nos ayudó en asesorías y
dudas presentadas en la elaboración de la tesis.*

Grupo de trabajo

TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	15
1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA Y FORMULACIÓN DE LA PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN.....	16
2. JUSTIFICACIÓN	18
3. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN	20
3.1. OBJETIVO GENERAL.....	20
3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	20
4. MARCO REFERENCIAL.....	21
4.1. MARCO TEÓRICO	21
4.1.1 Gestión del riesgo de desastres.....	21
4.1.2 Evaluación del riesgo	22
4.1.3 Vulnerabilidad física	22
4.1.4 Desarrollo Sostenible y medio ambiente en la gestión del riesgo de desastres	23
4.1.5 Inspección de viviendas	24
4.1.5.1 Sistemas estructurales.....	24
4.1.5.2 Evaluación estructural.....	25
4.1.5.3 Vulnerabilidad.....	26
4.1.6 Taludes	26
4.1.6.1 Señales de movimiento.....	26
4.1.6.2 Tipos de movimiento	27
4.1.7 Inspección visual de pavimentos rígidos	27
4.1.7.1 Tipos de pavimentos rígidos	27

4.1.7.2 Tipos de daños en pavimento rígidos.....	28
4.1.8 Sistemas de acueducto y alcantarillado básico	33
4.2. MARCO DE ANTECEDENTES	34
4.3. MARCO LEGAL (NORMATIVO).....	36
4.4. MARCO CONCEPTUAL	37
5. DISEÑO METODOLÓGICO	41
5.1. ENFOQUE DE INVESTIGACIÓN Y TIPO DE ESTUDIO.....	41
5.2. MATRIZ DE DISEÑO METODOLÓGICO	41
5.3. FASES Y RESULTADOS	43
6. RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN	44
6.1 DIAGNÓSTICO DE LA GESTIÓN DEL RIESGO DE DESASTRES EN LA CABECERA DEL CORREGIMIENTO DE GRAMALOTE, EN EL MUNICIPIO DE ANSERMANUEVO, VALLE DEL CAUCA.....	47
6.1.1 Vulnerabilidad de las edificaciones	47
6.1.2 Inspección visual de las vías	62
6.1.3 Estabilidad de taludes	70
6.1.4 Agua potable y saneamiento básico.....	74
6.1.4.1 Planta de tratamiento de agua	74
6.1.4.2 Planta de tratamiento de aguas residuales	75
6.2 EVALUACIÓN Y DIAGNÓSTICO DE LAS AMENAZAS Y VULNERABILIDADES DE LA CABECERA DEL CORREGIMIENTO DE GRAMALOTE, EN EL MUNICIPIO DE ANSERMANUEVO, VALLE DEL CAUCA.	81
6.2.1 Amenazas y vulnerabilidades de las edificaciones	81
6.2.2 Amenazas y vulnerabilidades de las vías de acceso.....	99

6.2.3 Amenazas y vulnerabilidades de los taludes	111
6.2.3.1 Pruebas de laboratorio Talud No. 1.....	111
6.2.3.2 Pruebas de laboratorio Talud No. 2.....	115
6.2.3.3 Pruebas de laboratorio Talud No. 3.....	120
6.2.3.4 Pruebas de laboratorio Talud No. 4.....	123
6.2.4 Amenazas y vulnerabilidades del agua potable y saneamiento básico ...	133
7. CONCLUSIONES	149
8. RECOMENDACIONES.....	151
BIBLIOGRAFÍA.....	153

LISTA DE TABLAS

	Pág
Tabla 1. Tipos de pavimentos rígidos	28
Tabla 2. Tipos de grietas	29
Tabla 3. Tipos de daños en juntas	30
Tabla 4. Tipos de deterioros superficiales	31
Tabla 5. Matriz de diseño metodológico	42
Tabla 6. Fases y resultados	43
Tabla 7. Información general estructuras de la cabecera del Corregimiento de Gramalote	47
Tabla 8. Uso de las estructuras	49
Tabla 9. Sistema estructural de cada estructura	51
Tabla 10. Resumen del sistema estructural	55
Tabla 11. Vulnerabilidad	56
Tabla 12. Diagnóstico de daños	58
Tabla 13. Entrepiso más crítico y nivel de daño	60
Tabla 14. Descripción general vía de acceso a la parte urbana de Ansermanuevo	63
Tabla 15. Deterioro vía de acceso a la parte urbana de Ansermanuevo	64
Tabla 16. Obras complementarias vía de acceso a la parte urbana de Ansermanuevo	64
Tabla 17. Taludes vía de acceso a la parte urbana de Ansermanuevo	65
Tabla 18. Descripción general vía de acceso panorama	65
Tabla 19. Deterioro vía de acceso panorama	66
Tabla 20. Obras complementarias vía de acceso panorama	66
Tabla 21. Taludes vía de acceso panorama	66
Tabla 22. Descripción general vía de acceso Cartago - Ansermanuevo	67
Tabla 23. Deterioro vía de acceso Cartago - Ansermanuevo	67
Tabla 24. Obras complementarias vía de acceso Cartago - Ansermanuevo	67

Tabla 25. Taludes vía de acceso Cartago - Ansermanuevo	68
Tabla 26. Descripción general vía urbana Gramalote.....	68
Tabla 27. Deterioro vía urbana Gramalote.....	68
Tabla 28. Obras complementarias vía urbana Gramalote	69
Tabla 29. Taludes vía urbana Gramalote.....	70
Tabla 30. Área afectada, material, humedad y descripción materiales de los taludes	70
Tabla 31. Color del suelo, uso del suelo y clasificación del movimiento de los taludes	71
Tabla 32. Morfometría del fenómeno y forma de la pendiente de los taludes.....	71
Tabla 33. Potenciales daños en caso de ocurrencia de un deslizamiento en los taludes	72
Tabla 34. Criterios de evaluación para vulnerabilidad de edificaciones.....	90
Tabla 35. Porcentaje de vulnerabilidad de cada edificación	91
Tabla 36. Matriz de vulnerabilidad de las edificaciones	93
Tabla 37. Matriz de vulnerabilidad de las edificaciones en cada criterio evaluado	94
Tabla 38. Matriz de amenazas y vulnerabilidades de las vías de acceso el filo	99
Tabla 39. Matriz de amenazas y vulnerabilidades del acceso vía Panorama.....	101
Tabla 40. Matriz de amenazas y vulnerabilidades acceso parte urbana de Ansermanuevo.....	102
Tabla 41. Matriz de amenazas y vulnerabilidades vía urbana de Gramalote.....	104
Tabla 42. Ancho de zona	106
Tabla 43. Ancho de calzada (metros)	106
Tabla 44. Dimensiones de calzada y características de elementos complementarios de las vías.....	107
Tabla 45. Datos de laboratorio talud No. 1	112
Tabla 46. Coeficientes de uniformidad y curvatura talud No. 1.....	113
Tabla 47. Contenido de humedad talud No. 1	114
Tabla 48. Datos laboratorio Gravedad específica talud No. 1.....	115
Tabla 49. Granulometría talud No. 2.....	116

Tabla 50. Coeficientes de uniformidad y curvatura talud No. 2.....	117
Tabla 51. Contenido de humedad estrato 1 talud No. 2.....	118
Tabla 52. Contenido de humedad estrato 2 talud No. 2.....	118
Tabla 53. Gravedad específica estrato 1 talud No. 2.....	119
Tabla 54. Gravedad específica estrato 2 talud No. 2.....	120
Tabla 55. Contenido de humedad talud No. 3	120
Tabla 56. Límite líquido talud No. 3	121
Tabla 57. Límite plástico talud No. 3.....	122
Tabla 58. Gravedad específica estrato único talud No. 3	122
Tabla 59. Granulometría talud No. 4 – Estrato 1.....	123
Tabla 60. Coeficientes uniformidad y curvatura talud No. 4 – Estrato 1	124
Tabla 61. Granulometría talud No. 4 – Estrato 2.....	125
Tabla 62. Coeficientes de uniformidad y curvatura talud No. 4 – Estrato 2	126
Tabla 63. Contenido de humedad estrato 1 talud No. 4.....	127
Tabla 64. Contenido de humedad estrato 2 talud No. 4.....	127
Tabla 65. Límite líquido estrato 2 talud No. 4	128
Tabla 66. Gravedad específica estrato 1 talud No. 4	129
Tabla 67. Gravedad específica estrato 2 talud No. 4	129
Tabla 68. Matriz de amenazas y vulnerabilidad taludes	130
Tabla 69. Matriz de amenazas y vulnerabilidad planta de tratamiento de agua ..	133
Tabla 70. Criterios de evaluación estructural PTAR	142
Tabla 71. Inspección visual de la estructura de la PTAR.....	143
Tabla 72. Matriz de amenazas y vulnerabilidad estructural PTAR.....	144
Tabla 73. Porcentaje de vulnerabilidad estructural PTAR.....	144
Tabla 74. Matriz de amenazas y vulnerabilidad ambiental PTAR.....	145
Tabla 75. Porcentaje de vulnerabilidad ambiental PTAR.....	146

LISTA DE FIGURAS

	Pág
Figura 1. Ubicación de Ansermanuevo, Valle del Cauca	45
Figura 2. Municipio de Ansermanuevo, Valle del Cauca.....	45
Figura 3. Ubicación corregimiento de Gramalote.....	46
Figura 4. Vías de acceso a Gramalote.....	63
Figura 5. Fotos de los taludes.....	73
Figura 6. Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de Gramalote	76
Figura 7. Quebrada toro donde Desemboca la PTAR	80
Figura 8. Obstrucción en la desembocadura de la PTAR	80
Figura 9. Combinaciones estructurales.....	96
Figura 10. Daños en las estructurales	98
Figura 11. Entrada del agua a la planta	135
Figura 12. Canal de aforo	136
Figura 13. Coagulante	137
Figura 14. Coagulador	138
Figura 15. Floculador	139
Figura 16. Sedimentador	140
Figura 17. Filtro.....	140
Figura 18. Tanques de almacenamiento.....	141

LISTA DE GRÁFICAS

	Pág.
Gráfica 1. Uso de las estructuras.....	81
Gráfica 2. Niveles de la edificación	82
Gráfica 3. Número de sótanos en la edificación.....	82
Gráfica 4. Número de ocupantes por edificación	83
Gráfica 5. Topografía	84
Gráfica 6. Sistema estructural muros de mampostería	85
Gráfica 7. Sistema estructural espesor muro	85
Gráfica 8. Sistema de piso	86
Gráfica 9. Sistema de techo	86
Gráfica 10. Cimentación	87
Gráfica 11. Vulnerabilidad irregular en planta	88
Gráfica 12. Grietas en losas.....	88
Gráfica 13. Nivel de daño de las estructuras	90
Gráfica 14. Tipo de vulnerabilidad de las edificaciones	93
Gráfica 15. Criterio vulnerabilidad estructural de viviendas	94
Gráfica 16. Criterio irregularidad de viviendas	95
Gráfica 17. Criterio vulnerabilidad daños de viviendas	95
Gráfica 18. Curva Granulometría talud No. 1	112
Gráfica 19. Curva Granulometría talud No. 2.....	116
Gráfica 20. Límite líquido talud No. 3.....	121
Gráfica 21. Curva Granulometría talud No. 4 – Estrato 1	123
Gráfica 22. Curva Granulometría talud No. 4 – Estrato 2	125
Gráfica 23. Vulnerabilidad estructural PTAR	144
Gráfica 24. Vulnerabilidad ambiental PTAR.....	146

LISTA DE ECUACIONES

	Pág.
Ecuación 1. Porcentaje de humedad	113
Ecuación 2. Gravedad específica	115

INTRODUCCIÓN

El trabajo de investigación planteó como objetivo general la determinación de las métricas de gestión del riesgo de desastres en la cabecera del corregimiento de Gramalote, en el municipio de Ansermanuevo, Valle del Cauca, evaluando los riesgos asociados a la vulnerabilidad física de las viviendas, taludes, vías y sistemas de acueducto y alcantarillado básico, para lo cual se trazaron tres objetivos específicos.

Con el alcance del primer objetivo se realizó un diagnóstico de la gestión del riesgo de desastres en la cabecera del corregimiento de Gramalote, a través de una inspección de las viviendas de acuerdo a la Norma de Sismo Resistencia Colombiana NSR-10, en la cual se detalla el uso de la estructura, la topografía y el sistema estructural, se evaluó el estado de las vías y los talud, según el manual para inspección visual de pavimentos rígidos del Ministerio de Transporte - Instituto Nacional de Vías (INVIAS), además se analizó el sistema de acueducto y alcantarillado del corregimiento, obteniendo información directamente de la planta de tratamiento ACUAVALLE.

El segundo objetivo evaluó y diagnosticó las amenazas y vulnerabilidades de la cabecera del corregimiento de Gramalote, en el municipio de Ansermanuevo, Valle del Cauca, a partir del estado de arte realizado y de los daños encontrados, analizando la vulnerabilidad del corregimiento.

El tercer objetivo, planteó la definición de los criterios de medición y parametrización de desarrollo sostenible y gestión del riesgo en la cabecera del corregimiento de Gramalote.

1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA Y FORMULACIÓN DE LA PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN

“Un desastre es un evento calamitoso, repentino o previsible, que trastorna seriamente el funcionamiento de una comunidad o sociedad y causa unas pérdidas humanas, materiales, económicas o ambientales que desbordan la capacidad de la comunidad o sociedad afectada”¹, estos eventos se dan por diferentes causas, ya sea por agentes naturales o antrópicos.

En Colombia se han presentado diferentes desastres que afectan a las comunidades, según el reporte del Departamento Nacional de Planeación (DNP), en un periodo de ocho años (2006 – 2014) se han tenido 21.594 emergencias por eventos de origen natural, ubicando al país con la mayor tasa de desastres Naturales en América Latina, siendo los terremotos, inundaciones y taludes, los causantes de afectar el 26% de la población Colombiana².

El corregimiento de Gramalote, en el municipio de Ansermanuevo, no es ajeno a las situaciones esbozadas anteriormente, las estructuras han sufrido daños por diferentes causas, una de ellas los sismos, en el año 2013, el municipio declaró situación de calamidad pública para unas viviendas del corregimiento de Gramalote, las cuales sufrieron daños estructurales después del sismo de 6,9 grados en la escala de Richter³.

¹ FEDERACIÓN INTERNACIONAL DE SOCIEDADES DE LA CRUZ ROJA. Qué es un desastre? [En línea] 2017. [Citado el: 1 de Junio de 2017.] <http://www.ifrc.org/es/introduccion/disaster-management/sobre-desastres/que-es-un-desastre/>.

² EL COLOMBIANO. Estas son las cinco tragedias naturales más grandes en Colombia. [En línea] El Colombiano, 13 de Noviembre de 2015. [Citado el: 1 de Junio de 2017.] <http://www.elcolombiano.com/colombia/colombia-tragedias-mas-grandes-en-la-historia-IB3113864>.

³ MUNICIPIO DE ANSERMANUEVO. Decreto 4009. *Ansermanuevo*. [En línea] 2013. [Citado el: 20 de Mayo de 2017.] http://repositorio.gestiondelriesgo.gov.co/bitstream/20.500.11762/20083/1/ANSERMANUEVO_VALLE_DEL_CAUCA_DECRETO_No.009_2013.pdf.

Aunado a lo anterior, existen otros fenómenos de la naturaleza que pueden causar daños o deterioros en la infraestructura, además del deterioro común y la intervención del hombre, generando riesgos para la población.

Ante este panorama, se hace necesario que las comunidades conozcan el riesgo físico ante el cual están expuestos, que se evalúe el estado de sus viviendas, vías, obras y sistemas de acueducto y alcantarillado, toda vez que su desconocimiento implica un mayor riesgo, pocas oportunidades para una planeación territorial segura y menor grado de prevención.

Pregunta de investigación

¿Cuáles son las métricas de gestión del riesgo de desastres en la cabecera del corregimiento de Gramalote, en el municipio de Ansermanuevo, Valle del Cauca, que en mayor medida inciden sobre la calidad de vida de sus pobladores?

2. JUSTIFICACIÓN

Cuando una comunidad conoce el riesgo asociado a la vulnerabilidad física de las viviendas, vías y sistemas de acueducto y alcantarillado, analiza las causas y plantea soluciones que permitan intervenir para controlar y corregir, de esta forma se busca minimizar o mitigar el riesgo.

El presente estudio se justifica, toda vez que analiza el riesgo desde las normativas que regulan en el país, en materia del Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente⁴, se busca la “defensa de la vida” y “proteger en alguna medida el patrimonio”, por tanto los resultados de la investigación son un insumo de valor para la protección de la comunidad del corregimiento de Gramalote del municipio de Ansermanuevo.

La investigación aporta a la política pública de la gestión del riesgo, siendo ésta una “política de desarrollo indispensable para asegurar la sostenibilidad, la seguridad territorial, los derechos e intereses colectivos, mejorar la calidad de vida de las poblaciones y las comunidades en riesgo”⁵.

La definición de métricas de gestión del riesgo de desastres en la cabecera del corregimiento de Gramalote, donde se evalúa el riesgo asociado a la vulnerabilidad física de las viviendas, taludes, vías y sistemas de acueducto y alcantarillado, es una herramienta para la planificación territorial de los entes gubernamentales, toda vez que se convierte en la base inicial para la formulación y ejecución de proyectos

⁴ REPÚBLICA DE COLOMBIA - MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL . Reglamento colombiano de construcción sismo resistente NRS-10. Opc. Cit..

⁵ CONGRESO DE COLOMBIA. Ley 1523 de 2012. [En línea] Congreso de Colombia, 2012. [Citado el: 5 de Junio de 2017.] <http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=47141>.

de mejoramiento de viviendas, reestructuración de la vía y mejoramientos de acueducto y alcantarillado.

3. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. OBJETIVO GENERAL

Determinar las métricas de gestión del riesgo de desastres en la cabecera del corregimiento de Gramalote, en el municipio de Ansermanuevo, Valle del Cauca, en los temas vivienda, vías, taludes y saneamiento básico y agua potable.

3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Diagnosticar el estado del arte de la gestión del riesgo de desastres en la cabecera del corregimiento de Gramalote, en el municipio de Ansermanuevo, Valle del Cauca

Evaluar y diagnosticar las amenazas y vulnerabilidades de la cabecera del corregimiento de Gramalote, en el municipio de Ansermanuevo, Valle del Cauca, en los temas vivienda, vías, taludes, saneamiento básico y agua potable.

Definir los criterios de intervención de los elementos de vulnerabilidad evaluados en la cabecera del corregimiento de Gramalote, en el municipio de Ansermanuevo, Valle del Cauca.

4. MARCO REFERENCIAL

4.1. MARCO TEÓRICO

4.1.1 Gestión del riesgo de desastres

La Gestión del Riesgo de Desastres, plantea un enfoque de gestión por procesos que permita “implementar la gestión en un sentido transversal”, para lo cual se inicia con el conocimiento del riesgo de desastres para poder tomar “medidas correctivas y prospectivas de reducción del riesgo”, fortaleciendo el manejo de los desastres, además evolucionando a sociedades y territorios seguros y sostenibles ambientalmente⁶.

La gestión del riesgo de desastres plantea diferentes premisas, la primera, es que se convierte “en una política de desarrollo indispensable para asegurar la sostenibilidad, la seguridad territorial, los derechos e intereses colectivos”, segundo la gestión de riesgo se realiza para proteger a la población y mejorar las condiciones de calidad de vida, tercero, el conocimiento del riesgo disminuye el mismo, cuarto, esta reducción es entendida como el proceso de gestión del riesgo, de la mano de un plan para disminuir el riesgo existente, quinto el manejo de desastres se define como el proceso de gestión de riesgo⁷.

⁶ UNIDAD NACIONAL PARA LA GESTIÓN DEL RIESGO DE DESASTRES - COLOMBIA. Plan Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres - 2015 - 2025. [En línea] 2015. [Citado el: 30 de Mayo de 2017.] <http://repositorio.gestiondelriesgo.gov.co/bitstream/20.500.11762/756/27/PNGRD-2016.pdf>.

⁷ Ibíd.

4.1.2 Evaluación del riesgo

La evaluación de riesgos “es un procedimiento científico que estima la probabilidad de que ocurra un riesgo”, está asociada a la gestión de riesgos, definido como el proceso por el cual las autoridades competentes, basándose en los resultados de la fase anterior, seleccionan cuales son las opciones más adecuadas para disminuir los riesgos identificados. “En esta fase se determina la importancia del riesgo estimado, se comparan los costes de su reducción frente a los beneficios sociales de correr dichos riesgos y se lleva adelante el proceso político e institucional para reducir dicho riesgo”⁸.

Cuando se realiza evaluación del riesgo, se determinan las consecuencias económicas y sociales, para el sitio de estudio, en función de la probabilidad de ocurrencia⁹.

4.1.3 Vulnerabilidad física

La vulnerabilidad física está directamente relacionada con la capacidad que tiene la estructura para soportar las solicitaciones a las que se ve sometida. La vulnerabilidad de las estructuras suele reflejarse a través de patologías que aparecen en ellas, las cuales puede causar diferentes efectos, que inician desde daños pequeños que causan algunas molestias a los habitantes o transeúntes hasta grandes fallas que pueden causar el colapso de la estructura o parte de ella¹⁰.

⁸ ELIKAGAIEN, Nekazaritzako. Qué es la evaluación de riesgos . [En línea] Fundación Vasca, 2005. [Citado el: 15 de Junio de 2017.] <http://www.elika.eus/datos/articulos/Archivo139/13.Evaluacion%20de%20riesgos.pdf>.

⁹ REPÚBLICA DE COLOMBIA - MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL . Reglamento colombiano de construcción sismo resistente NRS-10. Opc. Cit..

¹⁰ CENTRO DE INVESTIGACIÓN EN GESTIÓN INTEGRAL DEL RIESGO. Patologías de las estructuras. [En línea] 2009. [Citado el: 15 de Junio de 2017.] http://chacao.gob.ve/eduriesgo/vulnerabilidad_archivos/04_patologias_en_las_edificaciones.pdf

Las patologías estructurales pueden aparecer por tres motivos: defectos, daños o deterioro, por defectos son aquellas relacionadas con las características intrínsecas de la estructura, son los efectos que surgen en la edificación producto de un mal diseño o construcción; por daños, son las que se manifiestan durante o después de un factor de fuerza o agente externo, estos pueden ser causados por eventos de la naturaleza, como los sismos o también por el mal uso; y las causadas por el deterioro como la exposición al medio ambiente, donde la lluvia y sol, el contacto con sustancias químicas presentes en el agua, en el aire, en el entorno; generan que la estructura se debilite continuamente¹¹.

4.1.4 Desarrollo Sostenible y medio ambiente en la gestión del riesgo de desastres

En la Asamblea General de la ONU el 25 de septiembre de 2015, se adoptó la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible, consiste en “un plan de acción a favor de las personas, el planeta y la prosperidad”. La agenda plantea 17 objetivos, de los cuales, cuatro tienen relación directa con la gestión del riesgo de desastres: No.6 Agua Limpia y Saneamiento, No. 11 sobre Ciudades y Comunidades Sostenibles, No. 13. Acción por el Clima y No. 17 Alianzas para Lograr los Objetivos. Para el cumplimiento de las diferentes metas, Colombia tiene las siguientes líneas estratégicas¹²:

1. Sinergias entre adaptación y mitigación.
2. Adaptación basada en socio-ecosistemas.
3. Articulación de la adaptación al cambio climático y gestión de riesgos, incluyendo el diseño e implementación de un sistema de alerta temprana.
4. Adaptación de infraestructura básica y sectores de la economía.

¹¹ Ibíd.

¹² UNIDAD NACIONAL PARA LA GESTIÓN DEL RIESGO DE DESASTRES - COLOMBIA. Op cit.

5. Incorporación de consideraciones de adaptación y resiliencia en la planificación sectorial, territorial y del desarrollo.
6. Promoción de la educación en cambio climático para generación de cambios de comportamiento.
7. Consolidación de territorios de paz con consideraciones de cambio climático¹³.

Así mismo, Colombia, ha firmado otros acuerdos donde enfatiza su compromiso con el medio ambiente, como una estrategia para la gestión de riesgos de desastres, no solo en la Agenda 2030, sino en acuerdos como los de París en el año 2015 en la Convención Marco sobre cambio climático, el país estructuró el Plan Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres con enfoque en el cambio climático, vislumbrando la relación entre la gestión del riesgo de desastres y la adaptación al cambio climático, planteando como meta la reducción de desastres, toda vez que algunas pérdidas y daños son causados por eventos climáticos e hídricos, que pueden aumentar en el futuro por el calentamiento global¹⁴.

4.1.5 Inspección de viviendas

La inspección de las viviendas se realizará de acuerdo a la Norma de Sismo Resistencia Colombiana NSR-10¹⁵.

4.1.5.1 Sistemas estructurales. Son cuatro los sistemas estructurales de resistencia sísmica¹⁶:

Sistema de muros de carga. En este tipo de sistema, las cargas verticales son resistidas por los muros de carga y las horizontales por los muros estructurales o pórticos con diagonales.

¹³ Ibíd.

¹⁴ Ibíd.

¹⁵ REPÚBLICA DE COLOMBIA - MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. Reglamento colombiano de construcción sismo resistente NRS-10. Op. cit.

¹⁶ Ibíd.

Sistema combinado. Se tienen dos tipos de sistemas combinados en el primero, las cargas verticales son resistidas por un pórtico no resistente a momentos y las fuerzas horizontales son resistidas por muros estructurales o pórticos con diagonales, en el segundo las cargas verticales y horizontales son resistidas por un pórtico resistente a momentos, combinado con muros estructurales o pórticos con diagonales, que no cumplen con los requisitos de un sistema dual.

Sistema dual. Este sistema tiene un pórtico espacial resistente a momentos y sin diagonales, combinado con muros estructurales o pórticos con diagonales.

4.1.5.2 Evaluación estructural. La evaluación busca determinar si la edificación está en capacidad de resistir las cargas de los diferentes eventos que puedan ocurrir. De acuerdo a Reglamento colombiano de construcción sismo resistente NRS-10¹⁷, una evaluación incluye 10 etapas, la primera determina unas sollicitaciones equivalentes de acuerdo a los requisitos de movimientos sísmicos para un nivel de seguridad equivalente al de una edificación nueva, los movimientos sísmicos para un nivel de seguridad limitada, la clasificación del sistema estructural; en la segunda etapa debe realizarse un análisis elástico de la estructura y de su sistema de cimentación; en la tercera etapa debe delimitarse la resistencia existente de acuerdo a los requisitos de relación entre demanda y capacidad; en la cuarta etapa se debe obtener la resistencia efectiva de la estructura, a partir de la estructura existente; en la quinta etapa establecer el índice de sobreesfuerzo como el máximo cociente obtenido para cualquier elemento de este; la sexta etapa determina las derivadas de la estructura a partir de los desplazamientos horizontales; en la última etapa se establece el índice de flexibilidad por efectos horizontales como el máximo cociente entre las derivadas obtenidas en las etapa anterior.

¹⁷ Ibíd.

4.1.5.3 Vulnerabilidad. En análisis de vulnerabilidad sísmica de una edificación existente, debe determinar los índices de sobreesfuerzo individual de los elementos estructurales, la formulación de una hipótesis de secuencia de falla de la edificación con base en la línea de menor resistencia, definir el índice de flexibilidad general¹⁸.

4.1.6 Taludes

Un talud es una superficie inclinada con respecto a la horizontal adoptando esa posición de forma temporal o permanente y con estructura de suelo o de roca¹⁹, los taludes presentan señales de movimiento que advierten sobre su estabilidad, en la inspección de taludes es necesario tener en cuenta no solo las señales sino también los tipos de movimiento.

4.1.6.1 Señales de movimiento. Se distinguen nueve señales de movimiento, entre ellas, las grietas de tracción, las cuales permiten la infiltración del agua, reduciendo la resistencia e indicando que éste se encuentra en las primeras etapas de su movimiento; el hundimiento subrasante, son desplazamientos verticales de la calzada que puede indicar movimiento de reptación; los destritos en la vía, los cuales se pueden generar directamente en el sitio de desintegración de la roca o ser transportados en otros sitios por las corrientes de agua; el abultamiento sobre o bajo la carretera; cambios de forma como desviaciones en árboles, líneas eléctricas, postes de teléfono y cercados tensionados o inclinados son indicadores de movimiento de terreno; deformación de estructuras adyacentes; el drenaje deficiente de agua superficial; el drenaje deficiente de agua subsuperficial y la erosión²⁰.

¹⁸ Ibíd.

¹⁹ DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN. Tipos y diseños de taludes. [En línea] Ingeniería Real, sf. [Citado el: 30 de Mayo de 2017.] <http://ingenieriareal.com/tipos-y-disenos-de-taludes/>.

²⁰ REPÚBLICA DE COLOMBIA, MINISTERIO DE TRANSPORTE - INSTITUTO NACIONAL DE VÍAS. *Manual para la inspección visual de obras de estabilización*. Bogotá : Universidad Nacional de Colombia , 2006.

4.1.6.2 Tipos de movimiento. Son seis los tipos de movimientos, entre ellos, las caídas, en la cual una masa rocosa de cualquier tamaño se desprende de un talud empinado o un acantilado; volcamientos, consistente en la rotación hacia delante de una unidad o varias con respecto a un punto en su parte inferior; deslizamiento, consistente en deformación por corte y desplazamientos; flujos, movimiento espacialmente continuo, en el que la distribución de velocidades dentro de la masa se asemeja a la de un líquido viscoso y movimientos complejos, donde se puede dar una combinación de los tipos básicos de movimientos²¹.

4.1.7 Inspección visual de pavimentos rígidos

La inspección de pavimentos, se realizará de acuerdo al Manual para la inspección visual de pavimentos rígidos, del Ministerio de Transporte - Instituto Nacional de Vías (INVIAS)²², para lo cual se establecerá los tipos de pavimentos rígidos y daños que se presentan.

4.1.7.1 Tipos de pavimentos rígidos. Según el Manual para la inspección visual de pavimentos rígidos, se distinguen tres tipos de estos, el primero, losas de concreto simple, este sistema utiliza placas de concreto sin refuerzo, las juntas de contracción transversal son en general construidas a intervalos entre 3 y 6 metros, para controlar la figuración de las losas; el segundo losas de concreto reforzado, este sistema utiliza juntas de contracción y acero de refuerzo, las juntas transversales oscilan entre 7 y 15 metros y el tercero, pavimento continuamente reforzado, el cual no requiere juntas de contracción dado que su diseño guarda similitud con una losa de entepiso, las fisuras transversales se consideran normales dado que están asociadas al acero de refuerzo de la losa de concreto²³.

²¹ *Ibíd.*

²² REPÚBLICA DE COLOMBIA, MINISTERIO DE TRANSPORTE - INSTITUTO NACIONAL DE VÍAS. *Manual para la inspección visual de pavimentos rígidos*. Bogotá : Universidad Nacional de Colombia , 2006.

²³ *Ibíd.*

Tabla 1. Tipos de pavimentos rígidos

Tipo de pavimento	Control de fisuras	Espaciamiento entre juntas	Acero de refuerzo	Transferencia de cargas
Losas de concreto simple	Juntas de contracción transversal y longitudinal	Juntas transversales a máximo 1,25 veces el ancho de la losa	Ninguno	Por entrabamiento de agregados y/o acción de las dovelas
Loas de concreto reforzado	Juntas de contracción transversal y acero de refuerzo	Entre y 15 m.	Malla de acero electro soldada	Dovelas y acero de refuerzo
Pavimento continuamente reforzado	Con acero de refuerzo	No tiene	Vigas longitudinales en los extremos de los carrieles y vigas transversales espaciadas y mallas electro soldada	Vigas longitudinales y transversales

Fuente: MINISTERIO DE TRANSPORTE – INSTITUTO NACIONAL DE VÍAS. Manual para la inspección visual de pavimentos rígidos

4.1.7.2 Tipos de daños en pavimento rígidos. Entre los daños del pavimento rígidos, se encuentran las grietas, los daños en juntas, el deterioro superficial y otros tipos de deterioro.

Grietas. De acuerdo al Manual para la inspección visual de pavimentos rígidos, existen 6 tipos de grietas²⁴, las cuales agrupan las discontinuidades y fracturas que afectan la losa de concreto, en la tabla 2 se describen.

²⁴ Ibíd.

Tabla 2. Tipos de grietas

Grietas	Descripción	Tipo de pavimento en el que se presenta	Nivel de severidad	Medición del deterioro
Grietas de esquina (GE)	Genera un bloque de forma triangular en la losa	Placas de concreto simple Placas de concreto reforzado	Baja: selladas o con abertura menor a 0,003 m. Media: 0.003 y 0,01 m. Alta: más de 0.01 m.	Medir la longitud de la grieta en metros y el ancho de su abertura.
Grietas longitudinales (GL)	Predominantemente paralelas al eje de la calzada o que se extienden desde la junta transversal hasta el borde de la losa	Todos	Baja: selladas o con abertura menor a 0,003 m. Media: 0.003 y 0,01 m. Alta: más de 0.01 m.	Medir la longitud de la grieta en metros Reportar cantidad de GL en cada losa
Grietas transversales (GT)	Perpendiculares al eje de circulación de la vía	Todos	Baja: selladas o con abertura menor a 0,003 m. Media: 0.003 y 0,01 m. Alta: más de 0.01 m.	Medir la longitud de la grieta en metros. Reportar cantidad de GT en cada losa
Grietas en los extremos de los pasadores (GP)	Cercanas a los extremos de los pasadores o dovelas	Placas de concreto simple Placas de concreto reforzado	Baja: selladas o con abertura menor a 0,003 m. Media: 0.003 y 0,01 m. Alta: más de 0.01 m.	Medir la longitud de la grieta en metros. Reportar cantidad de grietas en cada losa
Grietas en bloque o fracturación múltiple (GB)	Aparecen por la unión de grietas longitudinales y transversales formando bloques a lo largo de la placa	Placas de concreto simple Placas de concreto reforzado	Siempre se considera alta	Se mide cada área afectada en metros cuadrados de placa y por severidad
Grietas en pozos y sumideros	Directamente relacionadas con la presencia de pozo o sumideros	Todos	Baja: selladas o con abertura menor a 0,003 m.	Metros cuadrados por placa

Grietas	Descripción	Tipo de pavimento en el que se presenta	Nivel de severidad	Medición del deterioro
			Media: 0.003 y 0,01 m. Alta: más de 0.01 m.	

Fuente: MINISTERIO DE TRANSPORTE – INSTITUTO NACIONAL DE VÍAS. Manual para la inspección visual de pavimentos rígidos

Daños en juntas. En la tabla 3, se describen los daños en juntas, el tipo de pavimento en el que se presente, el nivel de severidad clasificado en baja, media y alta y la medición del deterioro.

Tabla 3. Tipos de daños en juntas

Daños en juntas	Descripción	Tipo de pavimento en el que se presenta	Nivel de severidad	Medición del deterioro
Separación de juntas longitudinales (SJ)	Abertura en la junta longitudinal del pavimento	Todos	Baja: abertura menor a 0,003 m. Media: 0.003 y 0,025 m. Alta: más de 0.025 m.	Longitud en metros de la junta afectada por placa
Deterioro de sello (DST-DSL)	Desprendimiento o rompimiento del sellos de las juntas longitudinales o transversales, como: extrusión del sello, endurecimiento, pérdida de adherencia, pérdida parcial o total del sello, incrustación de materiales ajenos y crecimiento de vegetación	Placas de concreto simple Placas de concreto reforzado	Baja: longitud deficiencia del sellado menor al 5% de la longitud de la junta Media: longitud deficiencia del sellado entre el 5% y el 25% Alta: mayor al 25%	Longitud en metros de la junta afectada por placa

Fuente: MINISTERIO DE TRANSPORTE – INSTITUTO NACIONAL DE VÍAS. Manual para la inspección visual de pavimentos rígidos

Deterioro superficial. En la tabla 4, se describen los daños en juntas, el tipo de pavimento en el que se presente, el nivel de severidad clasificado en baja, media y alta y la medición del deterioro.

Tabla 4. Tipos de deterioros superficiales

Deterioro superficial	Descripción	Tipo de pavimento en el que se presenta	Nivel de severidad	Medición del deterioro
Desportillamiento de juntas (DPT, DPL)	Desintegración de las aristas de una junta, con pérdida de trozos	Todos	Baja: pequeños fracturamientos, menos de 0,08 m. Media: fracturas extendidas a más de 0,08 m., trozos con profundidad menor a 0,025 m Alta: fracturas extendidas a más de 0,08 m., trozos con profundidad mayor a 0,025 m	Longitud en metros de la junta afectada por placa
Descascaramiento (DE)	Rotura de la superficie de la losa hasta una profundidad del orden de 5 a 15 mm.	No específica	Baja: pérdida material superficial, profundidad menor a 0.005 m Media: profundidad entre a 0.005 m y 0.015 m. Alta: profundidad mayor a 0.015 m.	Área de cada descascaramiento por palca
Desintegración (DI)	Pérdida constante del agregado grueso en la superficie	NA	Baja: pequeños desprendimientos superficiales Media: peladuras que generan textura abierta	Área por severidad del daño para cada losa

Deterioro superficial	Descripción	Tipo de pavimento en el que se presenta	Nivel de severidad	Medición del deterioro
			Alta: peladuras que generan superficie rugosa	
Baches (BCH)	Desintegración de la losa de concreto y remoción en cierta área	NA	Baja: profundidad de afectación menor o igual a 25 mm Media: entre 25 mm y 50 mm Alta: mayor a 50 mm	Metros cuadrados de área afectada
Pulimento (PU)	Carencia o pérdida de la textura superficial necesaria para que exista una fricción adecuada entre pavimento y neumático	NA	No se establece, debe ser alto para ser reportado	Área afectada en cada placa
Escalonamiento de juntas longitudinales (EJL) y transversales (EJT)	Falla provocada por el tránsito que corresponde a un desnivel de la losa de su junta con respecto a una losa vecina	NA	Baja: desnivel menor a 0.005 m. Media: entre 0.005 m y 0.01 m. Alta: mayor a 0.01 m	Escalonamiento entre juntas y/o grietas
Levantamiento localizado (LET, LEL)	Sobre elevación – abrupta de la superficie del pavimento	NA	Baja: elevación entre los bordes de la losa menor a 0.005 m. Media: entre 0.005 y 0,010 m. Alta: mayor a 0,010 m.	Nivel de severidad, registrando largo y ancho
Parches (PCHA-PCHC)	Área donde el pavimento original ha sido removido y reemplazado	NA	Baja: parche en buena condición Media: presenta daños. Alta: deteriorado	Número de parches y superficie en metros cuadrados

Deterioro superficial	Descripción	Tipo de pavimento en el que se presenta	Nivel de severidad	Medición del deterioro
Hundimientos o asentamientos	Depresión o descenso de la superficie	NA	Baja: profundidad menor a 20 mm Media: entre 20 mm y 40 mm Alta: mayor a 40mm	Área de afectación por placa y severidad

Fuente: MINISTERIO DE TRANSPORTE – INSTITUTO NACIONAL DE VÍAS. Manual para la inspección visual de pavimentos rígidos

4.1.8 Sistemas de acueducto y alcantarillado básico

Para el análisis de los aspectos relacionados con el riesgo, en los sistemas de acueducto y alcantarillado, se deben tener en cuenta las amenazas y las vulnerabilidades del sistema, para proceder a determinar los niveles de riesgo. De acuerdo al Reglamento técnico del sector de agua potable y saneamiento básico²⁵ las amenazas para la infraestructura de acueductos son:

Amenazas de origen natural: sismos, inestabilidades geotécnicas, deslizamientos, maremotos, inundaciones, avalanchas, huracanes, tormentas y vendavales.

Amenazas de agentes externos: erupciones y productos volcánicos, Interferencias otra infraestructura, incendios explosiones, sequías, cambio climático

Amenazas antrópicos: Daños ocasionados por externos, contaminación, orden público.

²⁵ REPÚBLICA DE COLOMBIA - MINISTERIO DE VIVIENDA . Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico - RAS. [En línea] [Citado el: 1 de Junio de 2017.] <http://www.minvivienda.gov.co/viceministerios/viceministerio-de-agua/reglamento-tecnico-del-sector/reglamento-tecnico-del-sector-de-agua-potable>.

Para definir el análisis de la vulnerabilidad se deben seguir los siguientes lineamientos: 1. Definición de los elementos funcionales de los sistemas. 2. Determinación de la importancia funcional de cada uno de los elementos. 3. Diagnóstico físico y operativo de cada uno de los sistemas. Estado estructural, capacidad sísmo resistente, estabilidad geotécnica, grado de corrosión, ajustes requeridos electromecánicos, estado de deterioro de materiales, personal operativo (cantidad, capacitación y capacidad de reacción), estado de la operación, niveles de servicio, capacidades de conducción, niveles de supervisión y control, manuales de operación y contingencias. 4. Identificación de las vulnerabilidades, según el diagnóstico físico y operativo de cada uno de los elementos del sistema. 5. Valoración de las vulnerabilidades identificadas, que se puede realizar mediante una ponderación de la capacidad total del sistema distribuida en cada uno de los elementos y teniendo en cuenta las posibilidades de suplencia²⁶.

4.2. MARCO DE ANTECEDENTES

En el año 2016 se realizó el estudio “Evaluación del riesgo asociado a vulnerabilidad física por taludes y laderas inestables en la microcuenca Cay, Ibagué, Tolima, Colombia”²⁷, en la cual clasificaron cada talud y ladera de acuerdo con su nivel de riesgo, además se estableció que los factores detonantes de movimientos de remoción en masa más relevantes en la microcuenca Cay son: precipitación, geología, sísmica, acción antrópica, uso del suelo, pendiente y corriente. Identificaron como riesgo bajo cuando se prevé que el evento amenazante producirá pocos daños, sin comprometer de manera significativa las estructuras residenciales e institucionales, y se esperan solo daños leves en algunos enseres y muebles; como riesgo medio se prevé que las viviendas sean afectadas por falla en los

²⁶ *Ibíd.*

²⁷ HERNÁNDEZ, Yelena y RAMÍREZ, Hildebrando.. Evaluación del riesgo asociado a vulnerabilidad física por taludes y laderas inestables en la microcuenca Cay, Ibagué, Tolima, Colombia. 111-128, s.l. : Ciencia e Ingeniería Neogranadina, 2016, Vols. 26-2.

elementos no estructurales del domicilio, como puertas y ventanas. Incluso, se esperan pequeñas fisuras en paredes, sin compromiso de su estructura o cimentaciones y como riesgo alto cuando se considera que las viviendas y construcciones cercanas a la zona inestable sufrirán deterioros estructurales visibles, con fisuras o roturas de elementos, como muros y vigas, lo que comprometerá seriamente su integridad estructural y causará una necesaria evacuación.

Un proyecto de grado relacionado con uno de los factores físicos objeto del presente trabajo, es el realizado en el año 2016 por estudiantes de la Especialización en Sistemas de Información de la Facultad de Ingenierías de la Universidad de Manizales, donde plantearon como objetivo identificar los riesgos asociados a la amenaza por movimientos en masa y a la vulnerabilidad física de las redes del Acueducto Rural del corregimiento de Combia, Acuacombia, en cual desarrollaron un análisis de riesgo a fenómenos de remoción en masa en una de las estructuras vitales del corregimiento de Combia Baja: el acueducto Acuacombia. Adicional a ello, los resultados obtenidos proporcionan un insumo para los estudios específicos de riesgo que debe desarrollar la Administración Municipal²⁸.

A nivel internacional, se encuentra un trabajo de investigación realizado estudiantes de la Universidad de San Carlos de Guatemala, denominado “Evaluación de la vulnerabilidad físico – estructural ante inundaciones de las viviendas del municipio de Patulul”²⁹, el cual surgió como una necesidad luego de que la población se vio afectada por las tormentas tropicales, para el desarrollo del objetivo elaboraron

²⁸ ARBOLEDA, Carolina y FORERO, Eduardo. Identificación de riesgos en la red del acueducto Acuacombia del municipio de Pereira. [En línea] Universidad de Manizales , 2016. [Citado el: 26 de Junio de 2017.] http://ridum.umanizales.edu.co:8080/xmlui/bitstream/handle/6789/2883/Forero_Gonzalez_Eduardo_2016.pdf?sequence=1&isAllowed=y.

²⁹ ALVAREZ, Leticia. Evaluación de la vulnerabilidad físico - estructural ante inundaciones de las viviendas del municipio de Patulul. [En línea] Universidad de San Carlos de Guatemala, 2014. [Citado el: 16 de Junio de 2017.] http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/02/02_3300.pdf.

mapas de vulnerabilidad ante inundaciones, evaluaron el grado de vulnerabilidad, se realizó descripción de las tipologías y estado de las estructuras expuestas a las inundaciones.

4.3. MARCO LEGAL (NORMATIVO)

Ley 1523 de 2012. Por la cual se adopta la política nacional de gestión del riesgo de desastres y se establece el Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres y se dictan otras disposiciones³⁰.

NSR10 - Reglamento colombiano de Construcción Sismo Resistente. Norma técnica colombiana, que regula y establece los criterios y requisitos mínimos generales de diseño y construcción sismo resistente³¹.

RAS – 2000. Reglamento técnico del sector de agua potable y saneamiento básico. El Reglamento técnico fija los requisitos técnicos que deben cumplir los diseños, las obras y procedimientos correspondientes al Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico y sus actividades complementarias. Actualiza los sistemas: B-Sistemas de Acueducto, C-Sistemas de Potabilización, D-Sistemas de recolección y evacuación de aguas residuales domésticas y pluviales, E-Tratamiento de aguas residuales, F-Aseo Urbano y G-Aspectos complementarios; cada uno de estos títulos es un Manual de prácticas de buena Ingeniería, que establece los criterios y recomendaciones para el diseño, construcción, supervisión técnica, interventoría, operación y mantenimiento propios de los sistemas de Agua potable y Saneamiento básico³².

³⁰ CONGRESO DE COLOMBIA. Op. cit.

³¹ REPÚBLICA DE COLOMBIA - MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL . Reglamento colombiano de construcción sismo resistente NRS-10. Opc. Cit..

³² REPÚBLICA DE COLOMBIA - MINISTERIO DE VIVIENDA. Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico - RAS. Op. cit.

Manual para la inspección visual de obras de estabilización. Elaborado por la República de Colombia, Ministerio de Transporte y el Instituto Nacional de Vías, en el año 2006. Es una guía para para la inspección y el reporte de los daños que se puedan encontrar en las obras de estabilización³³.

Manual para la inspección visual de pavimentos rígidos. Elaborado por la República de Colombia, Ministerio de Transporte y el Instituto Nacional de Vías, en el año 2006. Es una guía para para la inspección, tipos de pavimento, tipos de daños y el reporte de los mismos³⁴.

Norma Técnica Colombiana NTC 1486. Tiene como objetivo orientar en la aplicación de la Normas Técnicas ICONTEC para la presentación de trabajos.

Norma Técnica Colombiana NTC 5613. Tiene como objetivo orientar a todos los estudiantes y profesionales a referenciar las citas bibliográficas de textos como: libros, revistas, monografías, artículos, entre otros.

4.4. MARCO CONCEPTUAL

El siguiente marco conceptual está basado en el manual publicado por la República de Colombia, Ministerio de Transporte e Instituto Nacional de Vías.³⁵

Asentamientos: es el desplazamiento vertical relativo del suelo ante la imposición de cargas, la disipación de presiones, la acción del drenaje, etc. Los asentamientos afectan de manera grave la estabilidad de las estructuras.

³³ REPÚBLICA DE COLOMBIA, MINISTERIO DE TRANSPORTE - INSTITUTO NACIONAL DE VÍAS. *Manual para la inspección visual de obras de estabilización* . Op. Cit.

³⁴ REPÚBLICA DE COLOMBIA, MINISTERIO DE TRANSPORTE - INSTITUTO NACIONAL DE VÍAS.. *Manual para la inspección visual de pavimentos rígidos*. Op. cit.

³⁵ REPÚBLICA DE COLOMBIA, MINISTERIO DE TRANSPORTE - INSTITUTO NACIONAL DE VÍAS. *Manual para la inspección visual de obras de estabilización* . Op. Cit.

Capacidad portante: es la capacidad del suelo de fundación de soportar las cargas sin que se produzca la falta de este.

Coluvión: depósito de materiales transportados por la acción de diferentes mecanismos como la gravedad, el agua y el viento, o una combinación de ellos.

Diaclasa: discontinuidad de la roca originada por fuerzas tectónicas, que no implica desplazamientos significativos.

Energía cinética: es la energía que posee un cuerpo en movimiento.

Estabilidad al volcamiento: es la capacidad de una estructura de resistir las fuerzas que podrían originar una rotación de ésta con respecto a un punto de giro, localizado en la parte inferior de la estructura de contención.

Estabilidad de deslizamiento: es la capacidad de una estructura de resistir las fuerzas que podrían originar un movimiento horizontal de ésta.

Estratificación: estructura de una roca sedimentaria originada por el depósito de las diferentes capas de sedimentos que la conforman.

Llaves o espolones: elementos de los muros de contención contruidos debajo de la placa de cimentación para mejorar la resistencia al desplazamiento de la estructura.

Lloraderos: tuberías instaladas en las estructuras de contención, para drenar las aguas de infiltración y disipar los excesos de presión que puedan generar estas aguas en la masa de suelo contenido.

Meteorización: proceso de degradación de una roca debido a la acción de factores físicos, químicos o biológicos.

Ley 1523 de 2012³⁶, conceptualiza los siguientes términos:

Alerta: Estado que se declara con anterioridad a la manifestación de un evento peligroso.

Amenaza: Peligro latente de que un evento físico de origen natural, o causado, o inducido por la acción humana de manera accidental, se presente con una severidad suficiente para causar pérdida de vidas, lesiones u otros impactos en la salud, así como también daños y pérdidas en los bienes, la infraestructura, los medios de sustento, la prestación de servicios y los recursos ambientales.

Análisis y evaluación del riesgo: Implica la consideración de las causas y fuentes del riesgo, sus consecuencias y la probabilidad de que dichas consecuencias puedan ocurrir.

Conocimiento del riesgo: Es el proceso de la gestión del riesgo compuesto por la identificación de escenarios de riesgo, el análisis y evaluación del riesgo, el monitoreo y seguimiento del riesgo y sus componentes.

Gestión del riesgo: proceso social de planeación, ejecución, seguimiento y evaluación de políticas y acciones permanentes para el conocimiento del riesgo y promoción de una mayor conciencia del mismo, impedir o evitar que se genere, reducirlo o controlarlo cuando ya existe y para prepararse y manejar las situaciones de desastre.

³⁶ CONGRESO DE COLOMBIA. Opl cit.

Vulnerabilidad: Susceptibilidad o fragilidad física, económica, social, ambiental o institucional que tiene una comunidad de ser afectada o de sufrir efectos adversos en caso de que un evento físico peligroso se presente.

5. DISEÑO METODOLÓGICO

5.1. ENFOQUE DE INVESTIGACIÓN Y TIPO DE ESTUDIO

La investigación que se realizó fue de tipo descriptivo - analítico, en la cual se resaltan las características de una situación o un fenómeno, teniendo este tipo de investigación la capacidad para seleccionar las características fundamentales del objeto de estudio, analizando de forma detallada cada una de sus partes³⁷.

En la investigación descriptiva se muestran, reseñan e identifican los hechos, situaciones, rasgos y características del objeto de estudio, dentro de este tipo de investigación también se diseñan productos, modelos, prototipos, guías, entre otros³⁸.

5.2. MATRIZ DE DISEÑO METODOLÓGICO

Con el fin de dar cumplimiento al objetivo de estudio “Determinar las métricas de gestión del riesgo de desastres en la cabecera del corregimiento de Gramalote, en el municipio de Ansermanuevo, Valle del Cauca” se desarrolló la siguiente matriz de diseño metodológico:

³⁷ BERNAL, César. *Metodología de la Investigación*. Bogotá : Pearson , 2010.

³⁸Ibíd.

Tabla 5. Matriz de diseño metodológico

Objetivos específicos	Metodología	Instrumentos	Variables
Diagnosticar el estado del arte de la gestión del riesgo de desastres en la cabecera del corregimiento de Gramalote, en el municipio de Ansermanuevo, Valle del Cauca	Descriptiva – analítica	Inspección visual Formato para evaluación estructural Ficha de estado y caracterización del sistema vial	Sistemas estructurales Vulnerabilidad física Sistema vial
Evaluar y diagnosticar las amenazas y vulnerabilidades de la cabecera del corregimiento de Gramalote, en el municipio de Ansermanuevo, Valle del Cauca.	Experimental	Análisis de resultados Pruebas de laboratorio	Señales de movimiento Daños Amenazas de origen natural Agentes externos Antrópicos
Definir los criterios de medición y parametrización de desarrollo sostenible y gestión del riesgo en la cabecera del corregimiento de Gramalote, en el municipio de Ansermanuevo, Valle del Cauca.	Descriptiva – analítica	Análisis de resultados	Medición Parametrización

Fuente: Los autores

5.3. FASES Y RESULTADOS

Tabla 6. Fases y resultados

Fases	Resultado
Fase I. Diagnóstico del estado del arte de la gestión del riesgo de desastres	<p>Fichas de inspección de viviendas del corregimiento de Gramalote de acuerdo a la Norma de Sismo Resistencia Colombiana NSR-10.</p> <p>Fichas de evaluación de las vías del corregimiento, según el manual para inspección visual de pavimentos rígidos del Ministerio de Transporte - Instituto Nacional de Vías (INVIAS)</p> <p>Informe del estado del sistema de acueducto y alcantarillado</p>
Fase II. Evaluación y diagnóstico de las amenazas y vulnerabilidades de la cabecera del corregimiento de Gramalote.	Pruebas de laboratorio de taludes, análisis de resultados, identificación de amenazas de origen natural, agentes externos y antrópicos
Fase III: Criterios de medición y parametrización de desarrollo sostenible y gestión del riesgo.	Medición y parametrización

Fuente: Los autores

6. RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN

La investigación se llevó a cabo en el corregimiento de Gramalote, perteneciente al municipio de Ansermanuevo, ubicado en la parte norte del departamento del Valle del Cauca, a los 4° 47m 49" de la latitud norte y 75° 59m 35" de longitud oeste del meridiano de Greenwich. El corregimiento de Gramalote, es uno de los asentamientos de la zona rural del municipio de Ansermanuevo, limita al norte con la cabecera Municipal y el Corregimiento Anacaro, por el sur con el municipio de Toro, específicamente con la quebrada El Idunque, por el este con el Río Cauca del municipio de Cartago, por el oeste con la vereda Lusitania, vereda La Diamantina, vereda El Café: Vía Anserma – Argelia, hasta la Morabia, luego La Cuchilla Buenavista³⁹.

En el presente capítulo se mostrarán los resultados concernientes a la caracterización de las edificaciones, vías, taludes, agua potable y saneamiento básico de cabecera del corregimiento de Gramalote, en el municipio de Ansermanuevo, Valle del Cauca, evaluando las amenazas y vulnerabilidades, además se presentan los criterios de medición y parametrización de desarrollo sostenible y gestión del riesgo en la población objeto de estudio.

En la figura 1, se observa la ubicación del municipio de Ansermanuevo en el Departamento del Valle del Cauca.

³⁹ MUNICIPIO DE ANSERMANUEVO. *Plan Local de Emergencia y Contingencias*. Ansermanuevo : Alcaldía Municipal, 2009.

En la figura 3, se detalla la ubicación del corregimiento de Gramalote en el municipio de Ansermanuevo.

Figura 3. Ubicación corregimiento de Gramalote



Fuente: www.google.com.co/search

6.1 DIAGNÓSTICO DE LA GESTIÓN DEL RIESGO DE DESASTRES EN LA CABECERA DEL CORREGIMIENTO DE GRAMALOTE, EN EL MUNICIPIO DE ANSERMANUEVO, VALLE DEL CAUCA

6.1.1 Vulnerabilidad de las edificaciones

En la cabecera del Corregimiento de Gramalote, se encuentran un total de 61 estructuras, a las cuales se les realizó inspección de acuerdo a la Norma de Sismo Resistencia Colombiana NSR-10, aplicando la ficha para evaluación estructural, dividida en información general, uso, topografía, sistema estructural, vulnerabilidad y evaluación de daños.

Información general de las estructuras: en la tabla número 7, se describen las coordenadas donde se ubica cada estructura, los metros sobre el nivel del mar, acompañado de la calle y número.

Tabla 7. Información general estructuras de la cabecera del Corregimiento de Gramalote

Nº CASA	Coordenadas N			Coordenadas W			Msnm	Calle y número
1	4	47	26.5	75	59	30.6	975	K2 N° 16-62
2	4	47	26.3	75	59	30.7	974	K2 N° 18-56
3	4	47	26.1	75	59	30.2	974	K2 N° 13-92
4	4	47	26	75	59	30	970	k 2 N° 13-84
5	4	47	25.8	75	59	29.9	970	K 2 N° 13-74
6	4	47	25.6	75	59	29.7	971	K 2 N° 13-46
7	4	47	24.2	75	59	24.4	971	
8	4	47	21.2	75	59	24.7	971	K 2 N° 11-44
9	4	47	20.9	75	59	25.6	971	K 2 N° 11-48
10	4	47	22	75	59	25	971	
11	4	47	22.9	75	59	26.1	971	K 2 N° 12-22
12	4	47	23.2	75	59	26.5	971	K 2 N° 12-28

N° CASA	Coordenadas N			Coordenadas W			Msnm	Calle y número
13	4	47	23.2	75	59	26.6	971	K 2 N° 12-34
14	4	47	23.6	75	59	27	968	K 2 N° 12-42
15	4	47	23.5	75	59	27.6	968	K 2 N° 2-08
16	4	47	24.1	75	59	27.7	968	
17	4	47	24.5	75	59	28.1	274	K 2 N° 13-86
18	4	47	24.4	75	59	28.3	974	K 2 N° 13-34
19	4	47	24.8	75	59	28.6	974	K 2 N° 12-32
20	4	47	27.7	75	59	28.6	974	K 2 N° 13-20
21	4	47	24.8	75	59	28.4	976	K 2 N° 12-20
22	4	47	17.4	75	59	18.6	976	K 2 INSPECCIÓN
23	4	47	18.5	75	59	20.5	976	K 2 N° 12-03
24	4	47	18.4	75	59	20.3	976	K 2 n° 12-03
25	4	47	19.2	75	59	20.8	966	K 2A N° 1-19
26	4	47	20.4	75	59	23.6	980	K 2 N° 10-95
27	4	47	19.5	75	59	23.8	980	K 2 N° 10-78
28	4	47	20.1	75	59	23.9	979	K 2 N° 12-53
29	4	47	20.2	75	59	24.7	976	K 2 N° 1-252
30	4	47	20.4	75	59	24.3	982	K 2 N° 12-50
31	4	47	20.5	75	59	24.4	982	K 2 N° 12-42
32	4	47	6.4	75	59	16.5	951	K 2 N° 12-42
33	4	47	7.3	75	59	16.5	958	K 2 LOMOS TONEL
34	4	47	10.7	75	59	17.7	960	K 2 N° 5-40
35	4	47	10.8	75	59	17	962	K 2 N° 2-30
36	4	47	11.5	75	59	17.2	962	K 2 V/BRAZIL
37	4	47	11.7	75	59	17.4	965	K 2 N° 1-28
38	4	47	12.3	75	59	17.5	937	K 2
39	4	47	13.9	75	59	17.7	962	K 2 N° 0-14
40	4	47	14.6	75	59	17.7	957	K 2 N° O-16
41	4	47	16	75	59	18.5	965	K 2 N° 0-16
42	4	47	11.1	75	59	16.1	963	K 2B N° 20-30
43	4	47	11.5	75	59	16.2	961	CALLE 2B
44	4	47	12.2	75	59	16.6	972	CALLE 2B V
45	4	47	12	75	59	16.7	955	CALLE 2B
46	4	47	12.3	75	59	16.9	949	CALLE 2B N° 60-70
47	4	47	12.7	75	59	17.2	941	CALLE 2 N° 3-14

N° CASA	Coordenadas N			Coordenadas W			Msnm	Calle y número
48	4	47	2.2	75	59	17.2	943	CALLE 2
49	4	47	2.1	75	59	17.1	939	CALLE 2
50	4	47	1.4	75	59	16.2	942	K 2 EL PORTAL
51	4	47	5.6	75	59	16.3	947	K 2
52	4	47	18.5	75	59	17.7	968	K 2
53	4	47	18.3	75	59	17.7	968	K 2 N° 4-24
54	4	47	17.9	75	59	17.7	968	K 2 N° 2-40
55	4	47	17.6	75	59	17.8	971	
56	4	47	17.5	75	59	17.8	970	K 2
57	4	47	17.4	75	59	17.7	969	K 2 N° 2-30
58	4	47	16.9	75	59	17.8	963	K 2 N° 4-58
59	4	47	16.4	75	59	17.7	962	K 2 N° 41-46
60	4	47	16	75	59	17.5	963	K 2
61	4	47	14.8	75	59	17.6	959	K 2 N° 0-15

Fuente: trabajo de campo

Uso de las estructuras, número de niveles, sótanos, ocupantes y dimensiones: se determinó el uso de las estructuras de la cabecera del Corregimiento de Gramalote, clasificándolas en vivienda, oficina, comercio, escuela, desocupada, industria, hospital, iglesia, reunión u otros, escuela, vivienda y vivienda y espacio para reuniones, además se estableció el número de niveles, número de sótanos, ocupantes y las dimensiones en metros por frente X y frente Y, los resultados se detallan en la tabla número 8.

Tabla 8. Uso de las estructuras

N° casa	USO	N° NIVELES	N° SÓTANOS	N° OCUPANTES	DIMENSIONES	
					FRENTE X	FRENTE Y
1	Vivienda	1	1	4	5,2 m	9 m
2	Vivienda	1	1	7	6,54 m	6,65 m
3	Vivienda	1	1	4	6,3 m	7,4 m
4	Vivienda	1	1	1	7 m	14 m
5	Vivienda	1	0	2	11 m	6,50 m

N° casa	USO	N° NIVELES	N° SÓTANOS	N° OCUPANTES	DIMENSIONES	
					FRENTE X	FRENTE Y
6	Vivienda	1	1	3	7,45 m	13,5 m
7	Vivienda	1	0	3	6 m	14,4 m
8	Vivienda					
9	Vivienda	1	0	4	7,4 m	10,8 m
10	Vivienda	1	0	4	5,7 m	22 m
11	Vivienda	1	0	4	4,3 m	6,3 m
12	Vivienda	1	0	6	13,7 m	7,3 m
13	Vivienda	1	0	4	3,1 m	13,9 m
14	Vivienda	1	0	6	14 m	10,5 m
15	Vivienda	2	0	4	7,5 m	12,3 m
16	Vivienda	2	0	5	6,4 m	10,3 m
17	Vivienda	1	1	7	11,1 m	9,5 m
18	Vivienda	1	0	3	8,5 m	7 m
19	Vivienda	1	0	2	6 m	7 m
20	Vivienda	1	0	5	8,5 m	7,8 m
21	Vivienda	1	0	7	6,1 m	7 m
22	Vivienda	1	0	7	18 M	3,3 M
23	Escuela	1	0		5,8 m	5,5 m
24	Vivienda	1	0	4	9,20 m	7,20 m
25	Vivienda	1			21,5 m	7,20 m
26	Vivienda	2		4	5,9 m	10,35 m
27	Vivienda	1	0	5	8m	7m
28	Vivienda	1	0	5	6,8 m	15,2 m
29	Vivienda	1	0	4	10,9 m	9,7 m
30	Vivienda	1	1	4	11 m	10,2 m
31	Vivienda	1	0	3	9,20 m	11 m
32	Vivienda	1	0	6	13,8 m	7,70 m
33	Vivienda y reunión (cine/estadio/ salón)	2	0	4	10,8 m	15 m
34	Vivienda	1	0		7,90 m	5,6 m
35	Vivienda	1	0	5	7,90 m	9,6 m
36	Vivienda	1	0	4	5,2 m	7,9 m
37	Vivienda	1	0	5	10,4 m	6,5 m
38	Vivienda	2	0	2	4,7 m	5,8 m
39	Vivienda	1	0	1	7,1m	9,7 m

N° casa	USO	N° NIVELES	N° SÓTANOS	N° OCUPANTES	DIMENSIONES	
					FRENTE X	FRENTE Y
40	Vivienda	1	0	2	5,4m	14,4 m
41	Vivienda	1	0	4	7 m	10,3 m
42	Vivienda	1	0	2	5,6 m	10,9 m
43	Vivienda	1	0	2	7,9 m	9,9 m
44	Vivienda	1	0	3	6 m	8 m
45	Vivienda	1	0	3	13,7 m	7,3 m
46	Vivienda	1	0	6	5,5 m	10,6 m
47	Vivienda	1	0	2	11,5 m	3,5 m
48	Vivienda	2	0	3	15 m	6,6 m
49	Vivienda	1	0		6,60 m	6,6 m
50	Vivienda	1	0	4	12,20 m	8,4 m
51	Vivienda	1	0	3	6,60 m	16,60 m
52	Vivienda	1	0	3	7 m	6,7 m
53	Vivienda	1	0	4	8,3 m	9,8 m
54	Vivienda	1	0	6	10,9 m	12 m
55	Vivienda	1	0	3	7,6 m	7,8 m
56	Vivienda	1	0	4	14,4 m	11,3 m
57	Vivienda	1	0	3	5,7 m	10,2 m
58	Vivienda	1	0	5	5,4 m	4,4 m
59	Vivienda	1	0		9,5 m	6,7 m
60	Vivienda	1	0	5	9,6 m	9,7 m
61	Vivienda	1	0	6	10,2 m	6 m

Fuente: trabajo de campo

Sistema estructural: se diagnosticó el sistema estructural, muros de mampostería, espesor del muro, sistema de piso, sistemas de techo y cimentación, los resultados se visualizan en la tabla 9.

Tabla 9. Sistema estructural de cada estructura

N° Casa	Sistema estructural	Espesor muro	Sistema de piso	Sistema de techo	Cimentación
1	Muros de mampostería confinada	150 mm	Losa maciza	Teja	Zapatas aisladas

N° Casa	Sistema estructural	Espesor muro	Sistema de piso	Sistema de techo	Cimentación
2	Muros de adobe o bahareque	150 mm	Losa maciza	Teja	No se sabe
3	Muros de mampostería confinada	100 mm	Losa maciza		Zapatas corridas
4	Muros de mampostería confinada	100 mm	Losa maciza		
5	Muros de mampostería confinada	150 mm	Losa maciza	Teja	Zapatas corridas
6	Muros de mampostería confinada	100 mm	Losa maciza	Teja	No se sabe
7	Mixto en muros de mampostería confinada y tabique arcilla (ladrillo)	120 mm	Losa maciza	Teja	No se sabe
8	Mixto en muros de mampostería confinada y tabique arcilla (ladrillo)		Losa maciza	Teja	No se sabe
9	Mixto en muros de mampostería confinada y tabique arcilla (ladrillo)	190 mm	Losa maciza		No se sabe
10	Mixto en muros de mampostería confinada y tabique arcilla (ladrillo)	150 mm			No se sabe
11	Muros de adobe o bahareque	120 mm		Teja	
12	Mixto en muros de mampostería confinada y tabique arcilla (ladrillo)		Losa maciza	Teja	Zapatas aisladas
13	Mixto en muros de mampostería confinada y tabique arcilla (ladrillo)	120 mm			Zapatas aisladas
14	Muros de mampostería confinada	120 mm		Teja	Zapatas aisladas
15	Mixto en muros de mampostería confinada y tabique arcilla (ladrillo)		Losa maciza	Teja	No se sabe
16	Muros de mampostería confinada	150 mm	Losa maciza		No se sabe
17	Muros de mampostería confinada	170 mm	Losa maciza	Teja	No se sabe
18	Muros de mampostería tabique arcilla (ladrillo)	130mm	Losa maciza	Teja	Losa de cimentación
19	Muros de mampostería tabique arcilla (ladrillo)	130 mm	Losa maciza		Losa de cimentación

N° Casa	Sistema estructural	Espesor muro	Sistema de piso	Sistema de techo	Cimentación
20	Muros de mampostería tabique arcilla (ladrillo)	130 mm	Losa maciza	Teja	Zapatas aisladas
21	Muros de mampostería tabique arcilla (ladrillo)	150 mm	Losa maciza	Teja	No se sabe
22	Muros de mampostería confinada	150 mm	Losa maciza	Teja	Zapatas aisladas
23	Muros de mampostería confinada	160 mm			No se sabe
24	Muros de mampostería tabique arcilla (ladrillo)	160 mm	Losa maciza	Teja	No se sabe
25	Muros de mampostería confinada	170 mm	Losa maciza	Teja	Zapatas corridas
26	Muros de mampostería confinada	170 mm	Losa maciza	Igual al piso	Zapatas corridas
27	Muros de mampostería tabique arcilla (ladrillo)	130 mm		Lámina	No se sabe
28	Mixto en muros de mampostería confinada y tabique arcilla (ladrillo)	170 mm	Losa maciza	Teja	No se sabe
29	Muros de mampostería confinada	150 mm			Zapatas aisladas
30	Muros de mampostería confinada	100 mm		Teja	Zapatas aisladas
31	Mixto en muros de mampostería confinada y tabique arcilla (ladrillo)	150 mm	Losa maciza	Teja	Zapatas corridas
32	Muros de adobe o bahareque	150 mm	Losa maciza	Teja	No se sabe
33	Muros de mampostería confinada	160 mm	Losa maciza	Igual al piso	
34	Muros de adobe o bahareque	130 mm		Teja	No se sabe
35	Muros de mampostería confinada	120 mm	Losa maciza	Teja	
36	Muros de adobe o bahareque		Losa reticular	Teja	No se sabe
37	Muros de mampostería confinada	150 mm		Lámina	Cimiento de piedra
38	Muros de mampostería confinada	150 mm	Losa maciza	Lámina, igual al piso	No se sabe
39	Muros de mampostería confinada	120 mm	Losa maciza	Teja	Zapatas corridas

N° Casa	Sistema estructural	Espesor muro	Sistema de piso	Sistema de techo	Cimentación
40	Muros de mampostería tabique arcilla (ladrillo)	160 mm	Losa maciza	Lámina	No se sabe
41	Mixto muros de mampostería tabique arcilla (ladrillo) y tabique hueco de arcilla	170 mm	Losa maciza	Lámina	Zapatas corridas
42	Muros de adobe o bahareque	100 mm	Losa maciza	Teja	Cimiento de piedra
43	Muros de mampostería confinada	130 mm	Losa maciza	Teja	No se sabe
44	Muros de mampostería confinada	150 mm		Teja	No se sabe
45	Mixto en muros de mampostería confinada y tabique arcilla (ladrillo)	130 mm	Losa maciza	Teja	No se sabe
46	Muros de mampostería confinada	130 mm	Losa maciza	Teja	No se sabe
47	Muros de mampostería confinada	100 mm	Losa maciza	Teja	Zapatas aisladas
48	Muros de mampostería confinada	130 mm	Losa maciza	Teja	Zapatas corridas
49	Muros de adobe o bahareque	120 mm	Losa maciza	Teja	No se sabe
50	Muros de mampostería confinada	130 mm	Losa maciza	Teja	No se sabe
51	Muros de mampostería tabique arcilla (ladrillo)	150 mm	Losa maciza	Teja	No se sabe
52	Muros de mampostería tabique arcilla (ladrillo)	120 mm	Losa maciza	Teja	No se sabe
53	Mixto en muros de mampostería confinada y tabique arcilla (ladrillo)	120 mm	Losa maciza	Teja	No se sabe
54	Mixto muros de adobe o bahareque y tabique arcilla (ladrillo)	150 mm			No se sabe
55	Mixto muros de adobe o bahareque y tabique arcilla (ladrillo)	120 mm	Losa maciza	Teja	No se sabe
56	Muros de mampostería tabique arcilla (ladrillo)	150 mm	Losa maciza	Teja	No se sabe
57	Marcos y muros de diafragma	130 mm			No se sabe
58	Muros de mampostería tabique arcilla (ladrillo)	120 mm	Losa maciza	Teja	No se sabe

N° Casa	Sistema estructural	Espesor muro	Sistema de piso	Sistema de techo	Cimentación
59	Mixto Marcos y muros de diafragma y muros de adobe o bahareque	120 mm	Losa maciza	Teja	No se sabe
60	Muros de adobe o bahareque	120 mm			No se sabe
61	Muros de mampostería confinada	150 mm	Losa maciza	Teja	No se sabe

Fuente: trabajo de campo

En la tabla 10, se presenta un resumen del sistema estructural del corregimiento, basado en la tabla número 9.

Tabla 10. Resumen del sistema estructural

SISTEMA ESTRUCTURAL		
Muros de mampostería confinada		26
Muros de adobe o bahareque		8
Marcos y muros de diafragma		1
Muros de mampostería tabique arcilla (ladrillo)		11
Mixto	Muros de mampostería tabique arcilla (ladrillo) y tabique hueco de arcilla	1
	Muros de adobe o bahareque y tabique arcilla (ladrillo)	2
	Marcos y muros de diafragma y muros de adobe o bahareque	1
	Muros de mampostería confinada y tabique arcilla (ladrillo)	11

Fuente: trabajo de campo

Vulnerabilidad: en la tabla 11, se presentan los resultados del diagnóstico de la vulnerabilidad de las estructuras a partir de tres aspectos, la irregularidad en planta, la irregularidad en elevación y la posición en manzana.

Tabla 11. Vulnerabilidad

No.	Vulnerabilidad		
	Irregular en planta	Irregular en elevación	Posición en manzana
1			Esquina
2			Medio
3			Medio
4			Medio
5			Medio
6			Medio
7			Medio
8			Medio
9			Medio
10			Esquina
11			
12			Medio
13			Medio
14			Medio
15			Medio
16			Medio
17			Medio
18			Medio
19			Medio
20			Medio
21			Medio
22			Esquina
23			Esquina
24			Medio
25			Esquina
26			Medio
27			Esquina
28			Medio
29			Medio
30			Esquina

No.	Vulnerabilidad		
	Irregular en planta	Irregular en elevación	Posición en manzana
31			Medio
32	Geometría irregular en planta "l", "t", "h"		Esquina
33			Esquina
34			Esquina
35			Medio
36			Medio
37	Geometría irregular en planta "l", "t", "h"		Medio
38	Geometría irregular en planta "l", "t", "h"		Esquina
39	Geometría irregular en planta "l", "t", "h"		Esquina
40			Esquina
41			Esquina
42			Esquina
43		Columna corta	
44			Medio
45	Geometría irregular en planta "l", "t", "h"		Medio
46	Asimetría en muros, cubos, cargas		Medio
47			Esquina
48			Esquina
49			Esquina
50	Geometría irregular en planta "l", "t", "h"		Esquina
51	Geometría irregular en planta "l", "t", "h"		Esquina
52	Geometría irregular en planta "l", "t", "h"		Medio
53	Geometría irregular en planta "l", "t", "h"		Medio
54			Medio
55			Medio
56			Esquina
57			Medio
58			Medio
59			Medio

No.	Vulnerabilidad		
	Irregular en planta	Irregular en elevación	Posición en manzana
60			Medio
61			Esquina

Fuente: trabajo de campo

Daños: En la tabla 12 se detallan los daños geotécnicos, grietas y daños en las columnas, trabes, concreto y mampostería, clasificados en grietas cortatantes, grietas flexión, pandeo por placas, se establece el ancho máximo de la grieta en mm., y la sección o espesor por muros en cm.

Tabla 12. Diagnóstico de daños

N°	Geotécnicos	Grieta máx. losa (mm)	Columnas, trabes, concreto, mampostería			
			Grietas cortante	Grietas flexión	Pandeo placas	Ancho máximo de grieta (mm)
1		3				
2		2				
3						
4	Hundimientos	3	Mampostería		Columnas	20
5						
6						
7	Hundimientos	3	Columnas y mampostería	Columnas y mampostería		Col:100 ; mamp:5
8		8				
9			Mampostería			5
10		2	Mampostería			3
11						
12						
13			Mampostería			2
14						
15						
16		10	Mampostería			2
17			Mampostería			5
18						

N°	Geotécnicos	Grieta máx. losa (mm)	Columnas, trabes, concreto, mampostería			
			Grietas cortante	Grietas flexión	Pandeo placas	Ancho máximo de grieta (mm)
19			Mampostería			10
20						
21						
22		500				
23						
24						
25	Hundimientos	100	Mampostería	Mampostería		8
26						
27		5	Mampostería			10
28				Mampostería		20
29		2				
30		5	Columnas y mampostería			Col:2 ; mamp:4
31	Hundimientos		Mampostería			3
32		5				
33			Mampostería	Columnas y mampostería		Col:1 ; mamp:8
34						
35						
36						
37			Mampostería			4
38				Columnas		50
39						
40						
41			Mampostería			2
42						
43		10	Mampostería	Mampostería		8
44			Mampostería			4
45		5	Mampostería			5
46		3	Mampostería			9
47		8				
48						
49		2				
50						
51			Mampostería	Mampostería		8

N°	Geotécnicos	Grieta máx. losa (mm)	Columnas, trabes, concreto, mampostería			
			Grietas cortante	Grietas flexión	Pandeo placas	Ancho máximo de grieta (mm)
52						
53				Mampostería		5
54		2		Mampostería		2
55						
56				Mampostería		2
57		3	Mampostería			5
58						
59	Hundimientos	10				5
60	Hundimientos					
61			Mampostería			4

Fuente: trabajo de campo

Entre piso más crítico y nivel de daño: En la tabla 13 se detallan el número de columnas o muros con daño severo (colapso, aplastamiento, pandeo, grietas, así mismo el total de columnas o muros en el entrepiso y el nivel de daño de la estructura.

Tabla 13. Entrepiso más crítico y nivel de daño

No.	Entrepiso crítico (más débil y/o más dañado)		Nivel daño de la estructura
	N° de columnas (o muros) daño severo (colapso, aplastamiento, pandeo, grietas > 3 mm)	Total de columnas (muros) en el entrepiso	
1	0	16	Daño ligero
2	No	No	
3	0	9	
4	2	12	Daño severo
5	20	12	
6	0	12	
7	3	16	Daño medio
8	No	No	
9	No	No	Daño medio
10	No	No	Daño medio
11	No	No	Daño medio
12			

No.	Entrepiso crítico (más débil y/o más dañado)		Nivel daño de la estructura
	Nº de columnas (o muros) daño severo (colapso, aplastamiento, pandeo, grietas > 3 mm)	Total de columnas (muros) en el entrepiso	
13	No	No	Daño ligero
14	2	24	Daño ligero
15	0	12	
16	0	12	
17			Daño ligero
18	No	No	
19	No	No	Daño ligero
20	No	No	
21			
22	0	0	Daño ligero
23	0	9	
24	No	No	
25	0	21	Daño medio
26	0	9	
27	No	No	Daño medio
28	1	15	Daño ligero
29	0	12	
30	1	15	Daño ligero
31			
32	No	No	
33	1	16	Daño medio
34	No	No	
35	0	8	
36	No	No	Daño severo
37		12	
38	1	9	
39	0	9	
40	No	No	
41	No	No	Daño ligero
42	No	No	
43	1	12	Daño medio
44		12	Daño ligero
45	0	8	Daño medio
46	0	9	Daño medio
47	0	8	
48	0	15	

No.	Entrepiso crítico (más débil y/o más dañado)		Nivel daño de la estructura
	Nº de columnas (o muros) daño severo (colapso, aplastamiento, pandeo, grietas > 3 mm)	Total de columnas (muros) en el entrepiso	
49	No	No	Daño medio
50	0	10	
51	No	No	Daño severo
52	No	6	
53	No	No	Daño ligero
54	No	No	Daño medio
55	No	No	
56	No	No	Daño ligero
57	No	No	Daño medio
58	0	8	
59	No	No	Daño severo
60	No	No	Daño medio
61	0	15	Daño ligero

Fuente: trabajo de campo

6.1.2 Inspección visual de las vías

Para el diagnóstico de las vías de acceso, se aplicó la ficha de estado y caracterización del sistema vial, los resultados se presentan en cuatro fichas, la primera corresponde a la vía de acceso a la parte urbana de Ansermanuevo, la segunda el acceso por la vía panorama, la tercera el acceso por la vía Cartago – Ansermanuevo y la última la ficha de la vía urbana del corregimiento.

En la figura 4 se detallan las vías de acceso al corregimiento de Gramalote.

Figura 4. Vías de acceso a Gramalote



Fuente: Google maps

En las tablas 14, 15, 16 y 17 se detallan los resultados de la vía de acceso a la parte urbana de Ansermanuevo, su descripción general, deterioro, obras complementarias y taludes.

Tabla 14. Descripción general vía de acceso a la parte urbana de Ansermanuevo

Abscisas (m)	INICIAL:	$K0+0$ 0	FINAL:	$K0+510$		
Longitud total de la vía(m):	510					
Clasificación	PRIMARIA:		SECUNDARIA :		TERCIARIA:	X
Tipo de vía	PAVIMENTADA				PLACA HUELLA	CARRETEABL E
	RIGIDO:	X	FLEXIBLE			

	INICIO(m)	FINAL (m)	INICIO (m)	FINAL (m)	INICIO (m)	FINAL (m)	INICIO (m)	FINAL (m)
	K0+00	K0+51 0						
Ancho de calzada (m)	5							

Fuente: trabajo de campo

Tabla 15. Deterioro vía de acceso a la parte urbana de Ansermanuevo

De esquina:			Longitudinal:		
ESPESOR	10 a 15	mm	ESPESOR	10 a 20	mm
BAJO	MEDIO	ALTO	BAJO	MEDIO	ALTO
		X			X
Transversal:			En bloque:		
ESPESOR	10 a 20	mm	ESPESOR	NO APLICA	
BAJO	MEDIO	ALTO	BAJO	MEDIO	ALTO
		X			X
Descascaramiento:			Baches		
PROFUNDIDAD	5 a 15	mm	PROFUNDIDAD	15 a 24	mm
BAJO	MEDIO	ALTO	BAJO	MEDIO	ALTO
	X		X		
Parches:			Ondulaciones		
Desempeño	No existen		Desnivel	No existen	
BAJO	MEDIO	ALTO	BAJO	MEDIO	ALTO
Hundimientos			Ahuellamiento		
PROFUNDIDAD	20 a 30	mm	EXTENSIÓN	100 a 150	mm
BAJO	MEDIO	ALTO	BAJO	MEDIO	ALTO
	X			X	
Escalonamiento de juntas			Observaciones		
Desnivel	No existen	Mm			
Bajo	Medio	Alto			
		X			

Fuente: trabajo de campo

Tabla 16. Obras complementarias vía de acceso a la parte urbana de Ansermanuevo

Berma:	No existen	Ancho:	
Longitud(m):		Estado:	
Sardinell:	Por tramos	Izquierdo:	X
		Derecho:	X

Longitud(m):	384.3	Estado:		Malo		
Sumidero:	No existen	Tipo:				
		Estado:				
Transversal:	No existen	Características:				
Tapa de alcantarillado		Material		Derecha:		2
		Concreto		Izquierda:		2
				Central:		6
Box culvert		Dimensiones	Ancho (m)	Largo (m)	Longitud transversal (m)	Salida

Fuente: trabajo de campo

Tabla 17. Taludes vía de acceso a la parte urbana de Ansermanuevo

Superiores:	Inferiores
No	No

Fuente: trabajo de campo

En las tablas 18, 19, 20 y 21 se presentan los resultados de la vía de acceso panorama, su descripción general, deterioro y obras complementarias.

Tabla 18. Descripción general vía de acceso panorama

Abscisas (m)	INICIAL:	K0+0 0	FINAL:	K1+718				
Longitud total de la vía(m):	1718							
Clasificación	PRIMARIA:		SECUNDARIA :		TERCIARIA:	X		
Tipo de vía	PAVIMENTADA				PLACA HUELLA		CARRETEABLE	
	RIGIDO:		FLEXIBLE				X	
	INICIO(m)	FINAL (m)	INICIO (m)	FINAL (m)	INICIO (m)	FINAL (m)	INICIO (m)	FINAL (m)
							K0+0 0	K1+718
Ancho de calzada (m)	3.8 - 6							

Fuente: trabajo de campo

Tabla 19. Deterioro vía de acceso panorama

Observaciones	En la vía se evidencian grupos de surcos generados por el paso del agua producida por las precipitaciones, la cual también genera arrastre del materia expuesto de la vía y erosión en el terreno natural, todo esto es consecuencia que la vía no cuenta con estructuras destinadas a recibir el agua y evacuarla de forma rápida y eficiente antes de que genere deterioro en la vía.
----------------------	---

Fuente: trabajo de campo

Tabla 20. Obras complementarias vía de acceso panorama

Berma:	No existen	Ancho:	
Longitud(m):		Estado:	
Sardinell:	No existen	Izquierdo:	
		Derecho:	
Longitud(m):		Estado:	
Sumidero:	No existen	Tipo:	
		Estado:	
Transversal:	No existen	Características:	
Tapa de alcantarillado	No existen	Material	Derecha:
		Concreto	Izquierda:
			Central:
Box culvert	No existen	Dimensiones	Ancho(m)
			Largo(m)
			Longitud transversal (m)
			Salida

Fuente: trabajo de campo

Tabla 21. Taludes vía de acceso panorama

Superiores:	Inferiores
4	3
Características generales	Características generales
Existen pequeños taludes a parte de los cuatro mencionados pero estos tenían alturas máximas de un metro por lo que no se consideraron como amenaza en el corregimiento. De los cuatro taludes significativos para el estudio de gestión del riesgo, dos se encuentran cubiertos por capa vegetal, uno está completamente desprotegido de capa vegetal y el otro se encuentra en un término medio. Se realizaron pruebas de laboratorio para la caracterización y clasificación de cada talud superior.	Los taludes inferiores se encuentran todos cubiertos por capa vegetal, solo dos de estos tienen una altura significativa, los demás eran taludes pequeños y además con pendientes muy bajas

Fuente: trabajo de campo

En las tablas 22, 23, 24 y 25 se detallan los resultados de la vía de acceso Cartago - Ansermanuevo, su descripción general, deterioro, obras complementarias y taludes.

Tabla 22. Descripción general vía de acceso Cartago - Ansermanuevo

Abscisas (m)	INICIAL:	$K0+0$ 0	FINAL:	$K0+460$				
Longitud total de la vía(m):	460							
Clasificación	PRIMARIA:		SECUNDARIA :		TERCIARIA:		X	
Tipo de vía	PAVIMENTADA				PLACA HUELLA		CARRETEABLE	
	RIGIDO:		FLEXIBLE				X	
	INICIO(m)	FINAL (m)	INICIO (m)	FINAL (m)	INICIO (m)	FINAL (m)	INICIO (m)	FINAL (m)
							$K0+00$	$K0+460$
Ancho de calzada (m)	3							

Fuente: trabajo de campo

Tabla 23. Deterioro vía de acceso Cartago - Ansermanuevo

Observaciones	En la vía se evidencian grupos de surcos generados por el paso del agua producida por las precipitaciones, la cual también genera arrastre del materia expuesto de la vía y erosión en el terreno natural, todo esto es consecuencia de que la vía no cuenta con estructuras destinadas a recibir el agua y evacuarla de forma rápida y eficiente antes de que genere deterioro en la vía.
----------------------	--

Fuente: trabajo de campo

Tabla 24. Obras complementarias vía de acceso Cartago - Ansermanuevo

Berma:	<i>No existen</i>	Ancho:		
Longitud(m):		Estado:		
Sardinell:	Por tramos	Izquierdo:	X	
		Derecho:	X	
Longitud(m):	<i>384.3</i>	Estado:	Malo	
Sumidero:	<i>No existen</i>	Tipo:		
		Estado:		
Transversal:	<i>No existen</i>	Características:		
Tapa de alcantarillado	<i>10</i>	Material	Derecha:	<i>2</i>
		Concreto	Izquierda:	<i>2</i>

			Central:			6
Box culvert	1	Dimensiones	Ancho (m)	Largo (m)	Longitud transversal (m)	Salida
			1.2	1.1	4.44	Escalera, piso concreto, ciclópeo

Fuente: trabajo de campo

Tabla 25. Taludes vía de acceso Cartago - Ansermanuevo

Superiores:	Inferiores
No	No

Fuente: trabajo de campo

En las tablas 26, 27, 28 y 29 se detallan los resultados de la vía urbana Gramalote, su descripción general, deterioro, obras complementarias y taludes.

Tabla 26. Descripción general vía urbana Gramalote

Abscisas (m)	INICIAL:	K0+0 0	FINAL:	K0+443.4				
Longitud total de la vía(m):	443.4							
Clasificación	PRIMARIA:		SECUNDARIA :		TERCIARIA:		X	
Tipo de vía	PAVIMENTADA				PLACA HUELLA		CARRETEABLE	
	RIGIDO:	X	FLEXIBLE		X		X	
	INICIO(m)	FINAL (m)	INICIO (m)	FINAL (m)	INICIO (m)	FINAL (m)	INICIO (m)	FINAL (m)
	K0+00	K0+95 0.8			K0+950 .8	K1+10 2.5	K1+10 2.5	K1+44 3.4
Ancho de calzada (m)	5 - 368							

Fuente: trabajo de campo

Tabla 27. Deterioro vía urbana Gramalote

De esquina:			Longitudinal:		
ESPESOR	10 a 15	mm	ESPESOR	10 a 20	mm
BAJO	MEDIO	ALTO	BAJO	MEDIO	ALTO
		X			X

Transversal:			En bloque:		
ESPESOR	10 a 20	mm	ESPESOR	NO APLICA	
BAJO	MEDIO	ALTO	BAJO	MEDIO	ALTO
		X			X
Descascaramiento:			Baches		
PROFUNDIDAD	5 a 15	mm	PROFUNDIDAD	15 a 24	mm
BAJO	MEDIO	ALTO	BAJO	MEDIO	ALTO
	X		X		
Parches:			Ondulaciones		
Desempeño	Daño de severidad media – baja		Desnivel	5	
BAJO	MEDIO	ALTO	BAJO	MEDIO	ALTO
	X			X	
Hundimientos			Ahuellamiento		
PROFUNDIDAD	20 a 30	mm	EXTENSIÓN	100 a 200	mm
BAJO	MEDIO	ALTO	BAJO	MEDIO	ALTO
	X			X	
Escalonamiento de juntas			Observaciones	En general el pavimento rígido se encuentra en muy mal estado en el 76% de su longitud.	
Desnivel	Mayor a 10	Mm			
Bajo	Medio	Alto			
		X			

Fuente: trabajo de campo

Tabla 28. Obras complementarias vía urbana Gramalote

Berma:	No existen	Ancho:	
Longitud(m):		Estado:	
Sardinel:	Por tramos	Izquierdo:	X
		Derecho:	X
Longitud(m):	384.3	Estado:	Malo
Sumidero:	No existen	Tipo:	
		Estado:	
Transversal:	No existen	Características:	
Tapa de alcantarillado	10	Material	Derecha: 2
		Concreto	Izquierda: 2

			Central:			6
Box culvert	1	Dimensiones	Ancho (m)	Largo (m)	Longitud transversal (m)	Salida
			1,2	1,1	4,44	Escalera, piso concreto ciclópeo

Fuente: trabajo de campo

Tabla 29. Taludes vía urbana Gramalote

Superiores:	Inferiores
No	4
Características generales	Características generales
	Los taludes inferiores se encuentran todos cubiertos por capa vegetal, además cuentan con pendientes muy bajas y muy planas

Fuente: trabajo de campo

6.1.3 Estabilidad de taludes

El diagnóstico y evaluación de los taludes del corregimiento de Gramalote, se realizó a través de la ficha para evaluación, dividida en información general, tipo de material del suelo y roca, humedad, pH del suelo, descripción de materiales, uso del suelo, clasificación del movimiento, morfometría del fenómeno, estado de actividad, potenciales daños en caso de ocurrencia del deslizamiento.

En la tabla 30 se describe el área afectada, material, humedad y descripción de materiales.

Tabla 30. Área afectada, material, humedad y descripción materiales de los taludes

No. Talud	a.s.n.m.	Tipo	Material	Esp (m)	Humedad	Descripción de materiales
1		Corte de vía	Nivel 1	2,7	Húmedo	Limosa
2	926	Ladera natural	Nivel 2	2,7	Seco	Limosa
3	918	Corte de vía	Nivel 1	5,3	Húmedo	Limosa
4	917	Ladera natural	Nivel 1	1,3	Muy mojado	Arenosa

Fuente: trabajo de campo

En la tabla 31 se detalla el color del suelo, el uso del suelo y la clasificación del movimiento de los taludes del corregimiento de Gramalote.

Tabla 31. Color del suelo, uso del suelo y clasificación del movimiento de los taludes

No. Talud	Color del suelo	Uso del suelo: Sin cultivos	Clasificación del movimiento
1	Pardo	Pastos / rastrojos	Ladera/Talud estable
2	Blanca	Vegetación arbusta	
3	Amarillenta	Pastos / rastrojos	Ladera/Talud estable
4	Pardo	Vegetación arbusta	Ladera/Talud estable

Fuente: trabajo de campo

En la tabla 32 se describe la morfometría del fenómeno y la forma de la pendiente.

Tabla 32. Morfometría del fenómeno y forma de la pendiente de los taludes

No. Talud	Morfometría del fenómeno				Forma de la pendiente
	Pendiente (ángulo)	Altura (m)	Longitud total L (m)	Longitud cara libre (m):	
1	75	2,7	5,7	2,8	Plano o lisa
2	82	4,4	8,6	4,68	
3	53	5,3	12,5	6,47	
4	78	3	5,7	3,07	Cóncava

Fuente: trabajo de campo

En la tabla 33 se presentan los potenciales daños en caso de ocurrencia de un deslizamiento del talud.

Tabla 33. Potenciales daños en caso de ocurrencia de un deslizamiento en los taludes

No. Talud	Potenciales daños en caso de ocurrencia de deslizamiento		Observaciones
	Descripción	Implicaciones	
1	Casas	Moderada	Este talud está compuesto por dos estratos, los cuales están conformados por arena fina y son clasificados en la SUCS como SP, el estrato 1 tiene una altura de 1.3 m y el estrato 2 de 1.7m este talud al igual que el número 3, en caso de deslizamiento se verán afectadas áreas ambientales y la vía. El talud carece de material vegetal en la mayoría de su cara.
2	Casas	Moderada	El material que compone este talud es una arena fina la cual se clasifica según la SUCS como SP, en caso de deslizamiento se verá afectada una casa que se encuentra ubicada a pocos metros de la cresta del talud. El talud carece de material vegetal en la mayoría de su cara, este talud es compuesto por un único estrato.
3	Áreas ambientales	Moderada	Este talud está compuesto por dos estratos, conformados por arena fina y son clasificados en la SUCS como SP, el primer estrato tiene una altura de 1.7 m y el segundo de 2.7 m, este talud al igual que el número 1 en caso de deslizamiento se verá afectada una casa que se encuentra ubicada a pocos metros de frente a la cara libre del talud. El talud carece de material vegetal en la mayoría de su cara.
4	Áreas ambientales	Moderada	El material que compone este talud es material fino, esto se ve evidenciado en el ensayo de límites de attenberg, dado que es el único talud al que se le pudo realizar este ensayo, este talud es el único en la vía que en su cara tiene material vegetal, cerca de este no se encuentran viviendas y en caso de deslizamiento se verán afectadas áreas ambientales y la vía, es compuesto por un único estrato.

Fuente: trabajo de campo

En la figura 5 se aprecian las fotos de los taludes, objeto de caracterización.

Figura 5. Fotos de los taludes

Talud No. 1



Talud No. 2



Talud No. 3



Talud No. 3



Fuente: los autores

6.1.4 Agua potable y saneamiento básico

6.1.4.1 Planta de tratamiento de agua

Planta de tratamiento: La planta de tratamiento que provee el agua para el municipio de Ansermanuevo, incluyendo el corregimiento de Gramalote, es la empresa ACUAVALLE.

Fuentes: el agua es captada de dos fuentes hídricas, que se encuentran a 92 Km de distancia de la planta.

- Quebrada San Agustín: de la cual se reciben 15 l/s en condiciones normales ambientales.
- Quebrada de Toro: la cual provee 24 l/s en condiciones normales.

Para abastecer toda la comunidad en una (1) hora, se requiere que entren a la planta 32l/s.

Tipo de tratamiento:

- La captación se hace por rejilla.
- En la rejilla se separa el material pesado y se lleva el agua al desarenador.
- Se conduce el agua por tubería PVC y asbesto cemento hasta la planta, cada fuente tiene su tubería para registrar cuanto entra por fuente a la planta, el agua se une en el canal de aforo, este es un canal de aforo por sensor.
- Posteriormente, se hace una hidrólisis para aplicar el coagulante y se hace la mezcla rápida, el coagulante utilizado es sulfato de aluminio.
- Después de la coagulación se distribuyen el agua en dos floculadores que funcionan por gradiente.

- Pasa al canal sedimentador y posteriormente se dividen en cuatro filtros.
- Después el agua pasa a una canaleta de agua filtrada y se hace la desinfección con cloro gaseoso (1ml/l).
- Pasa al canal de aguas claras y posteriormente a los tanques de distribución. Son tres tanques, el tanque uno es el que distribuye agua al corregimiento de Gramalote y tiene una capacidad de 198m³.

Principales contaminantes: coliformes, por lo cual se tiene extremo cuidado en la pruebas de coli.

Principales inconvenientes en el suministro del agua:

- En tiempos de verano extremo, el caudal disminuye a 6 l/s incluyendo las dos fuentes.
- En épocas de invierno, se producen crecientes que traen material de arrastre y ocasiona saturación en la rejilla, además de derrumbes que dañan la tubería de conducción.

6.1.4.2 Planta de tratamiento de aguas residuales

El corregimiento de gramalote cuenta con un Planta de Tratamiento de Aguas Residuales, para el tratamiento de las aguas servidas, esta planta se encuentra ubicada en el corregimiento, por la parte de la finca Brazil, teniendo como finalidad entregar el agua a la quebrada Toro con un grado muy mínimo de contaminantes. En la figura 6 se aprecia la ubicación de la PTAR.

Figura 6. Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de Gramalote



Fuente: Google Maps

Manejo de aguas residuales: “El tratamiento de aguas residuales consiste en una serie de procesos físicos, químicos y biológicos que tienen como fin eliminar contaminantes físicos, químicos y biológicos presentes en el agua efluente del uso humano”⁴⁰.

Desde el año 2011, el corregimiento de Gramalote cuenta con la planta de tratamiento de aguas residuales domésticas, según el Comité de Cafeteros del Valle⁴¹, la siguiente es la descripción de la planta:

⁴⁰ COMITÉ DEPARTAMENTAL DE CAFETEROS DEL VALLE DEL CAUCA. *Arranque y puesta en marcha PTAR Gramalote*. Gramalote : Comité de Cafeteros del Valle, 2011.

⁴¹ *Ibíd.*

Estructura de separación: ubicada antes de la planta, garantizando que al sistema de tratamiento siempre le esté entregando el caudal de aguas negras.

Esta estructura separa los caudales máximos procedentes de las aguas lluvias, con lo cual se garantiza que al sistema ingrese el caudal de aguas residuales domésticas producidas por el centro poblado.

Según Acuavalle, se tiene un operador que constata que en condiciones normales de verano, la totalidad de las aguas residuales no sobrepasen el vertedero y sigan por el conducto que comunica esta estructura con el desarenador, debe revisar que haya presencia de objetos extraños, si se encuentran deben ser retirados con un rastrillo, recomendando al operador hacer inspecciones durante dos veces al día.

Desarenador: es un tratamiento preliminar que tiene como objetivo principal la remoción de sólidos gruesos (plásticos, pañales, entre otros), en primera instancia, una vez se hallan retenidos estos elementos, se procede a la decantación de las partículas medianas, las cuales quedan depositadas en la zona de baja velocidad del desarenador.

Rejilla gruesa: recibe el conducto proveniente de la estructura de separación, en esta unidad se ubican las rejillas de mantenimiento manual, las cuales tienen por objetivo la retención y remoción de material de tamaño considerable extraño al agua residual como plásticos, madera, basura, entre otros.

El mantenimiento de las rejillas consiste en dos inspecciones en las cuales el operario debe abrir la tapa de alfajor que cubre la rejilla, retirar los sólidos con la ayuda de un rastrillo y los debe colocar en una carreta para su disposición final, por último cubre nuevamente la rejilla.

Caja repartidora de caudales: esta estructura recibe las aguas servidas provenientes del desarenador y del lecho de secado, y cumple la labor de controlar y repartir uniformemente el caudal de aguas residuales por cada una de las líneas de flujo del sistema de tratamiento.

El mantenimiento consiste en realizar inspección ocular, para retirar cualquier partícula extraña que haya ingresado después del desarenador.

Tanque séptico: esta unidad permite la decantación y retención de material graso contenido en las aguas, transformándolas bioquímicamente en sustancias más simples y estables. Consiste en dos líneas de tratamiento independientes cada una con capacidad del 50% del caudal del diseño.

El tanque es de concreto reforzado y permite la separación de las partículas sólidas y líquidas mediante un proceso de sedimentación, en este sistema se cuenta con sedimentación primaria y secundaria, con un tratamiento entre 10 y 18 horas, en los cuales el agua entra, los sólidos orgánicos e inorgánicos pesados van al fondo del tanque y se acumulan, siendo utilizados por los microorganismos anaerobios para desarrollarse, producir biogás y aguas. El agua residual sale del tanque séptico con menos sólidos orgánicos de lo que entraron, la temperatura debe ser mayor a 15°C para un buen funcionamiento.

Filtro anaeróbico: consiste en un tanque en concreto reforzado, al cual también se le denomina reactor y tiene la función primordial de remoción de sólidos totales, buscando estabilizar la carga orgánica de las aguas residuales, este proceso es anaeróbico y consiste en una unidad de flujo ascendente, donde el agua residual entra en un proceso de contacto con el medio filtrante (empaques plásticos), está diseñado al igual que el tanque séptico, en dos líneas de trabajo independientes (cada una con el 50% del caudal de diseño). El agua residual entra al filtro y se

demora en salir de 12 a 24 horas, los sólidos suspendidos menos pesados que el agua quedan atrapados en el material sintético.

El filtro anaerobio se debe limpiar por lo menos cada tres años, para evitar que se tapone e impida el paso del agua residual, además si al hacer la inspección de las cajas se observan aguas filtradas, se observa que el flujo ha disminuido es probable que los canales presenten alguna obstrucción, por tanto se deben retirar las tapas y remover los elementos que causen la anomalía.

Desde hace aproximadamente 4 años, este filtro no se encuentra en funcionamiento.

Caja de inspección de salida: esta unidad se encuentra seguida de filtros anaerobios, la cual se conecta a la cámara principal para posteriormente disponer el efluente mediante un cabezal de descarga sobre la Quebrada Agua Sucia, dicha caja cuenta con un vertedero triangular que permite el aforo del sistema de salida del mismo.

Lechos de secado: esta unidad realiza la función de secado de los lodos (procesos de evaporación y filtración), provenientes del fondo de los tanques sépticos, reduciendo el contenido de humedad, para posteriormente ser evacuado y dispuesto en el suelo como recuperador o en un relleno sanitario.

Cerramiento: con postes de concreto de 2,5 metros de altura, instalados cada 2,75 metros de distancia, con un cerramiento en malla.

A la planta de tratamiento de aguas residuales se le realiza un mantenimiento el cual consiste en vaciar los tanques y extraer los lodos este procedimiento se le realiza una vez al mes con el fin de que los tanques no se saturen y la PTAR no colapse.

En la figura 7, se observan las fotos de la desembocadura de la PTAR.

Figura 7. Quebrada toro donde Desemboca la PTAR



Fuente: Los autores

En la figura 8, se aprecian algunas obstrucciones que se presentan en la desembocadura.

Figura 8. Obstrucción en la desembocadura de la PTAR



Fuente: Los autores

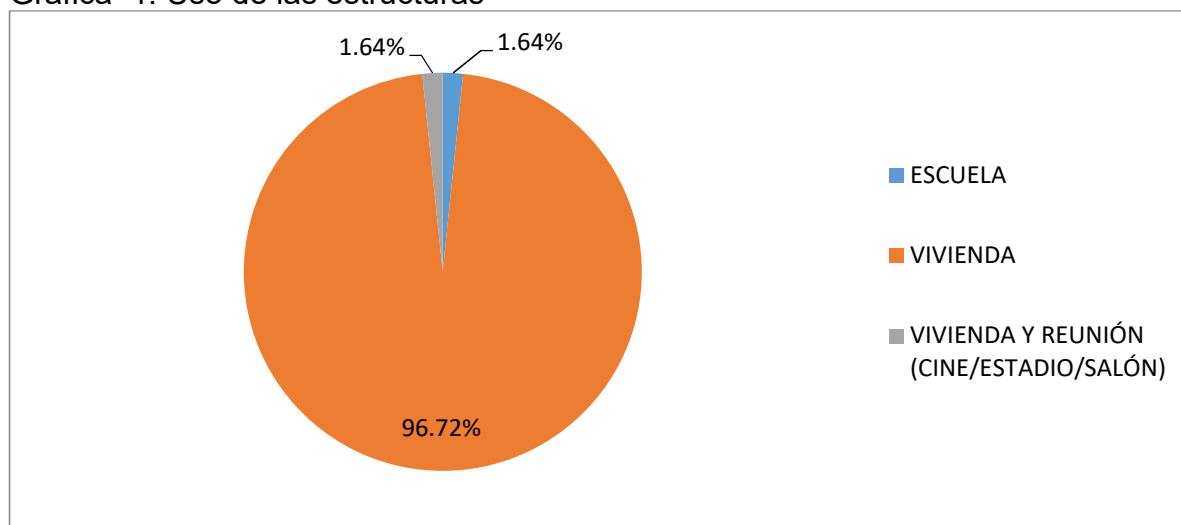
6.2 EVALUACIÓN Y DIAGNÓSTICO DE LAS AMENAZAS Y VULNERABILIDADES DE LA CABECERA DEL CORREGIMIENTO DE GRAMALOTE, EN EL MUNICIPIO DE ANSERMANUEVO, VALLE DEL CAUCA.

6.2.1 Amenazas y vulnerabilidades de las edificaciones

Con los datos obtenidos del trabajo de campo, se procede a realizar la evaluación de las edificaciones.

Uso de las estructuras: El 96,72% de las estructuras encontradas en la cabecera del corregimiento de Gramalote las usan como vivienda, el 1,64%, correspondiente a una estructura usada para la escuela y el otro 1,64% de las estructuras es usada como vivienda y salón para reuniones, como se aprecia en la gráfica 1.

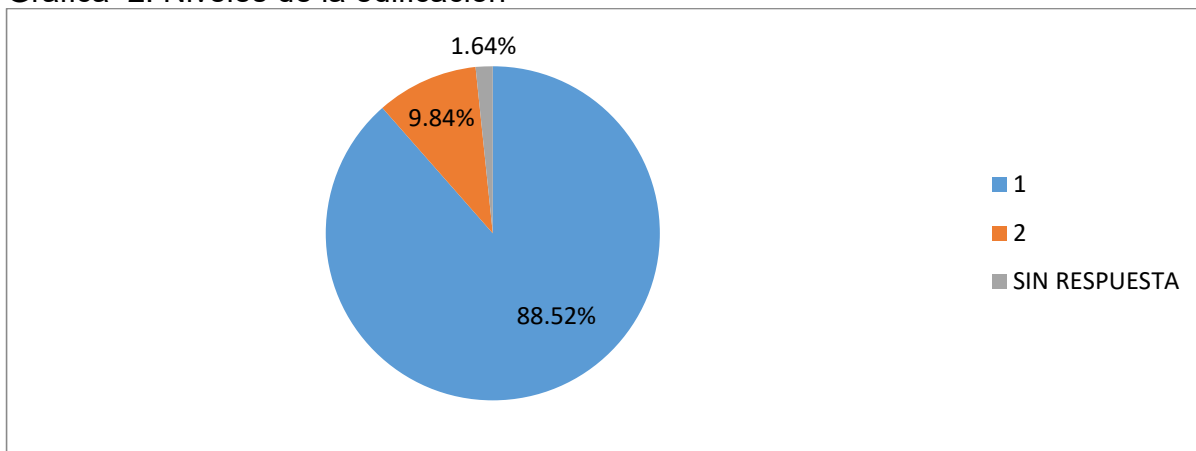
Gráfica 1. Uso de las estructuras



Fuente: los autores

Niveles de la edificación: Como se evidencia en la gráfica 2, un porcentaje correspondiente al 88,52 de las estructuras de la cabecera del corregimiento son de un solo nivel, el otro 9,84% tiene dos niveles.

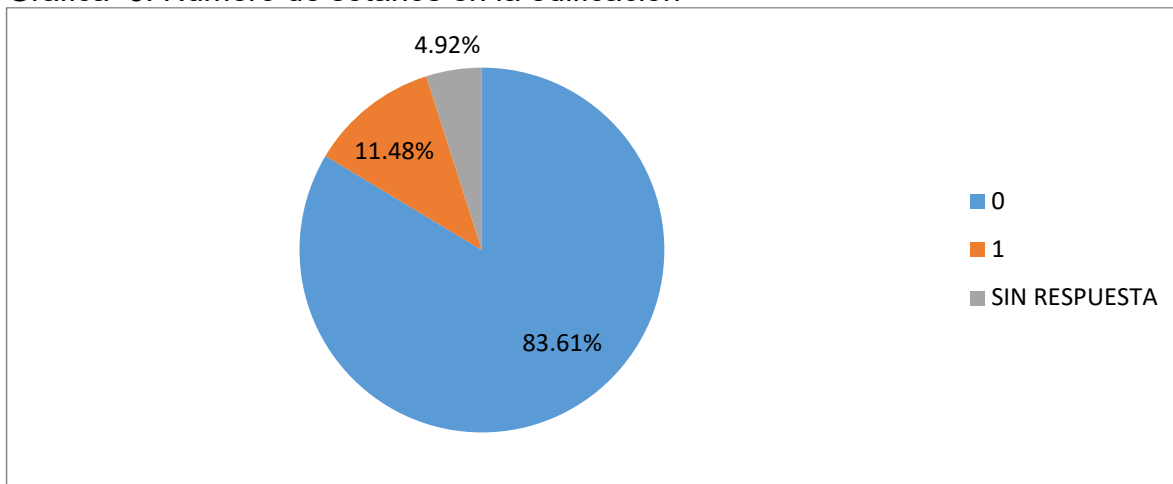
Gráfica 2. Niveles de la edificación



Fuente: los autores

Sótanos: El 83,61% de las estructuras no cuentan con sótano, en la cabecera del corregimiento se encuentra que el 11.48% de las estructuras cuentan con un sótano, en la gráfica 3 se aprecian los porcentajes.

Gráfica 3. Número de sótanos en la edificación

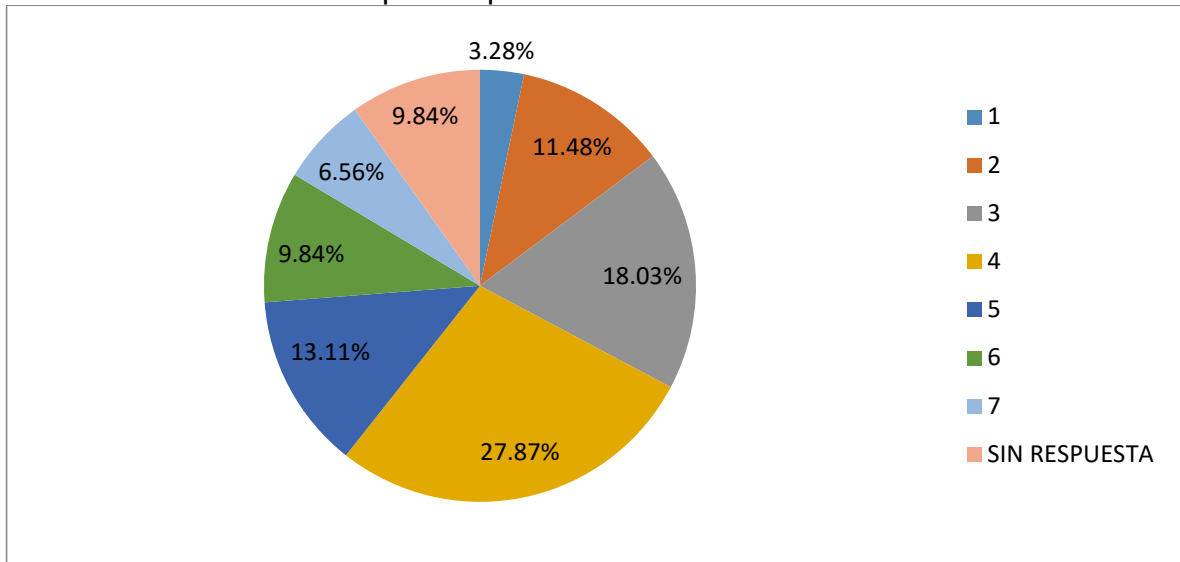


Fuente: los autores

Ocupantes por estructura: El número de ocupantes por estructura oscila entre 1 y 7 habitantes, en el 27,87% de las viviendas viven 4 personas, seguido del 18.03% de las estructuras habitadas por 3 personas, en el 13,11% viven 5 personas, el

11,48% es ocupada por 2 personas, en la gráfica 4 se evidencia la distribución de número de ocupantes.

Gráfica 4. Número de ocupantes por edificación

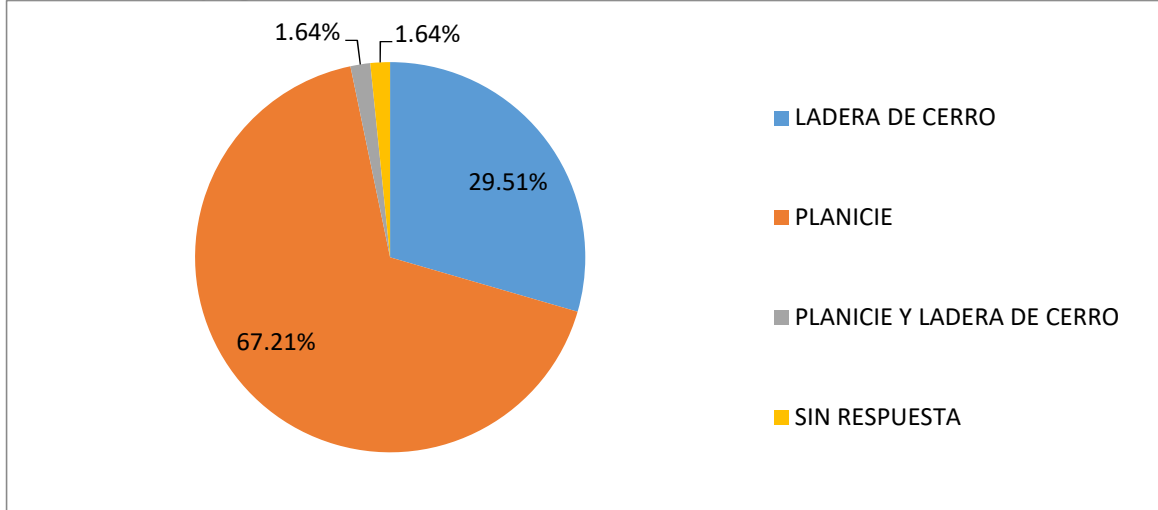


Fuente: los autores

Las dimensiones de las estructuras se determinaron en metros por frente X y frente Y, en el frente X oscilan entre los 3,1 metros y los 21,5 metros, ambos límites correspondientes a estructuras con uso de vivienda, en el frente Y las estructuras inician en los 3,3 metros y van hasta los 22 metros.

Topografía: En la gráfica 5, se puede apreciar que el 67,21% de las edificaciones se encuentra en la planicie, seguido del 29,51% que están en la ladera del cerro, una estructura (1,64%) corresponde a topografía planicie y ladera del cerro.

Gráfica 5. Topografía

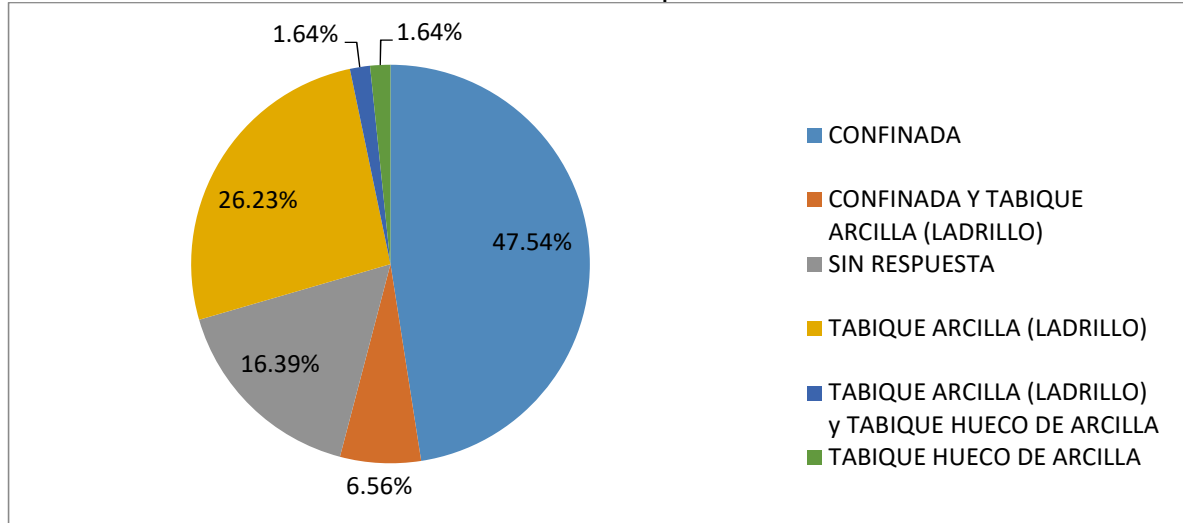


Fuente: los autores

Sistema estructural: se observan edificaciones con marcos y muros de diafragma, otras estructuras además de los dos materiales mencionados anteriormente tienen muro de adobe o bahareque, otras estructuras están compuestas por muros de adobe o bahareque.

Analizando los muros de mampostería y como se observa en la gráfica se tiene que el 47,54% corresponde a confinados, el 26,23% a tabique arcilla (ladrilla), seguida del 6,56% que tiene combinación entre la confinada y el tabique arcilla y en menor porcentaje (2%) aquellas muros que combinan tabique arcilla y tabique hueco de arcilla y muros solo tabique hueco de arcilla.

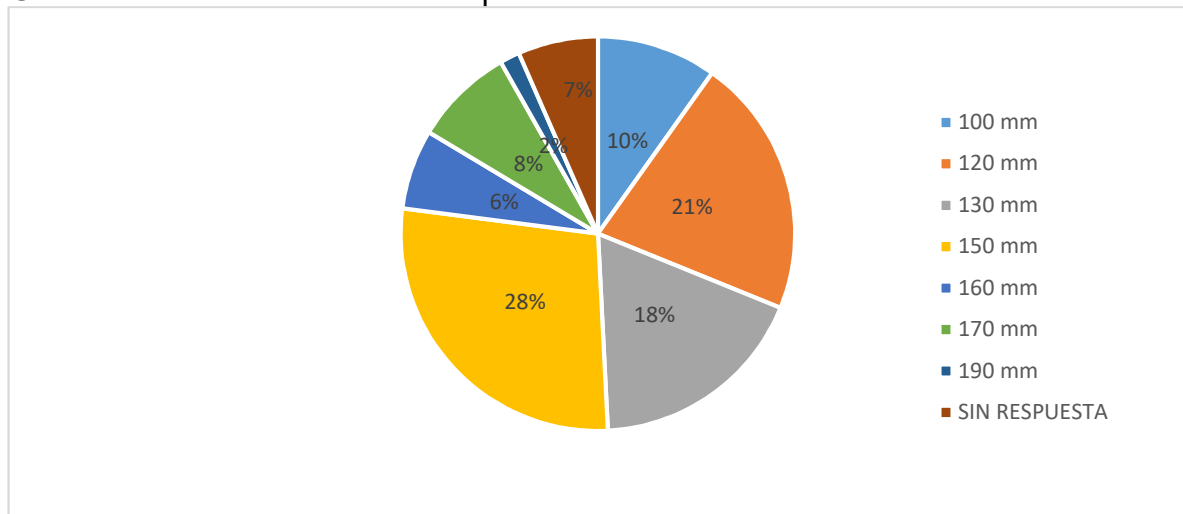
Gráfica 6. Sistema estructural muros de mampostería



Fuente: los autores

El mayor porcentaje de estructuras (27,89%) presentan un espesor del muro de 150 mm, seguido del 21,31% de las estructuras que tienen un espesor de 120 mm, el 18,03% corresponde a muros con espesor de 130 mm, el 9,84% de las estructuras presentan un espesor de muros de 100 mm., con porcentajes inferiores al 9% figuran muros con espesores de 160, 170 y 190 mm., tal como figura en la gráfica 7.

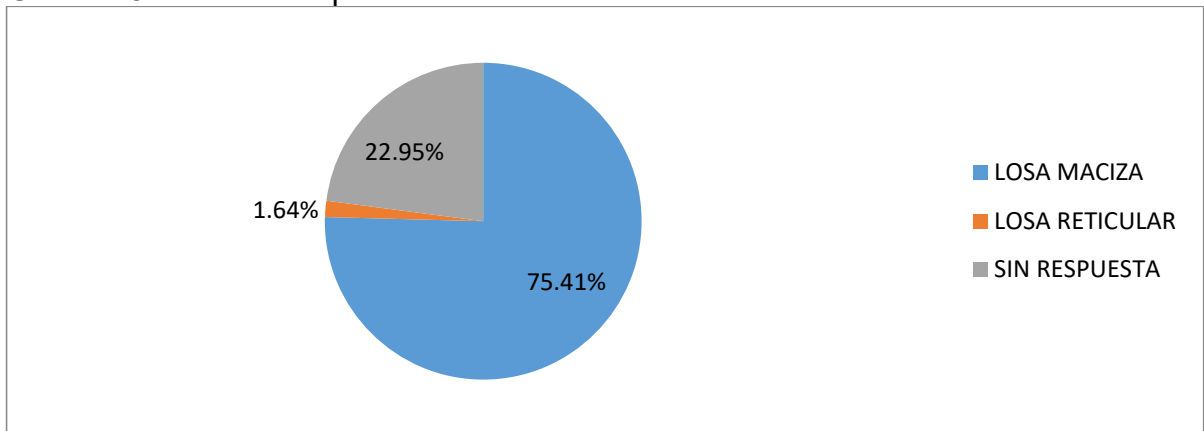
Gráfica 7. Sistema estructural espesor muro



Fuente: los autores

En los sistemas de piso de las estructuras de la cabecera del corregimiento de Gramalote, el 75,41% corresponde a losa maciza, solo el 1,64% es de losa reticular, los resultados se observan en la gráfica 8.

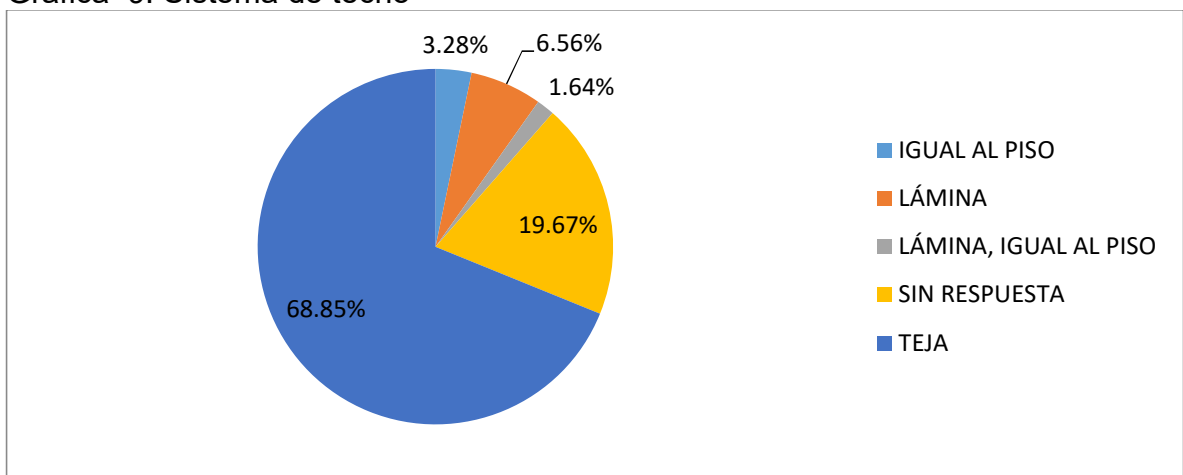
Gráfica 8. Sistema de piso



Fuente: los autores

El sistema estructural del techo corresponde para la mayoría de las edificaciones a teja (68,85%), en menor porcentajes se encuentran techos en lámina (6,56%), materia igual al piso (3,28%) y la combinación de estos dos últimos (1,64%), como se aprecia en la gráfica 9.

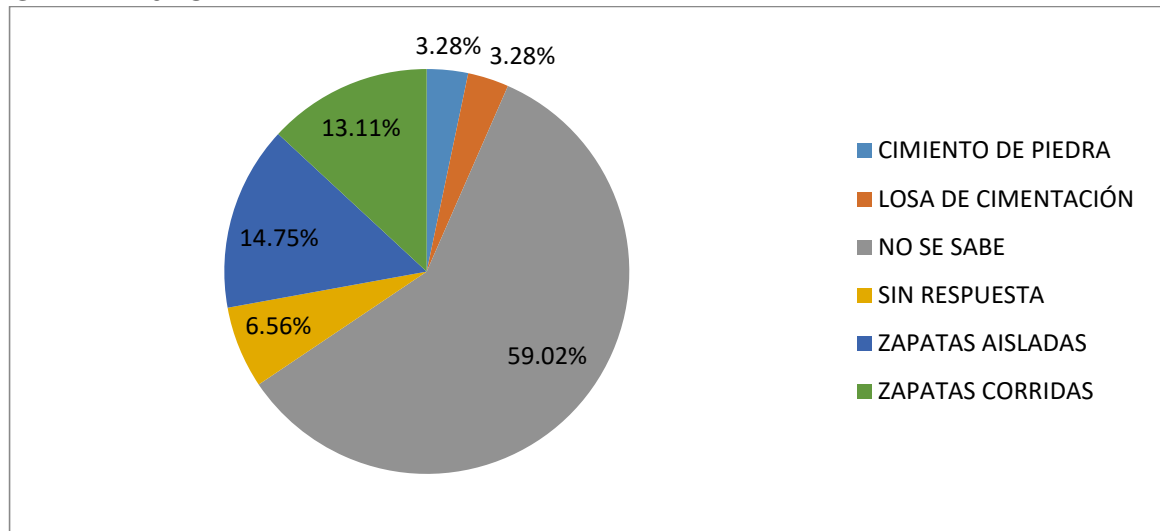
Gráfica 9. Sistema de techo



Fuente: los autores

El mayor porcentaje (59,02%) de los ocupantes de las estructuras del corregimiento, desconocen la cimentación de sus edificaciones, el 14,75% de las estructuras tienen cimientos de zapatas aisladas, seguidas del 13,11% que tienen cimientos de zapatas corridas, en menor porcentaje se tienen estructuras con cimientos de piedra y losa de cimentación, la división se observa en la gráfica 10.

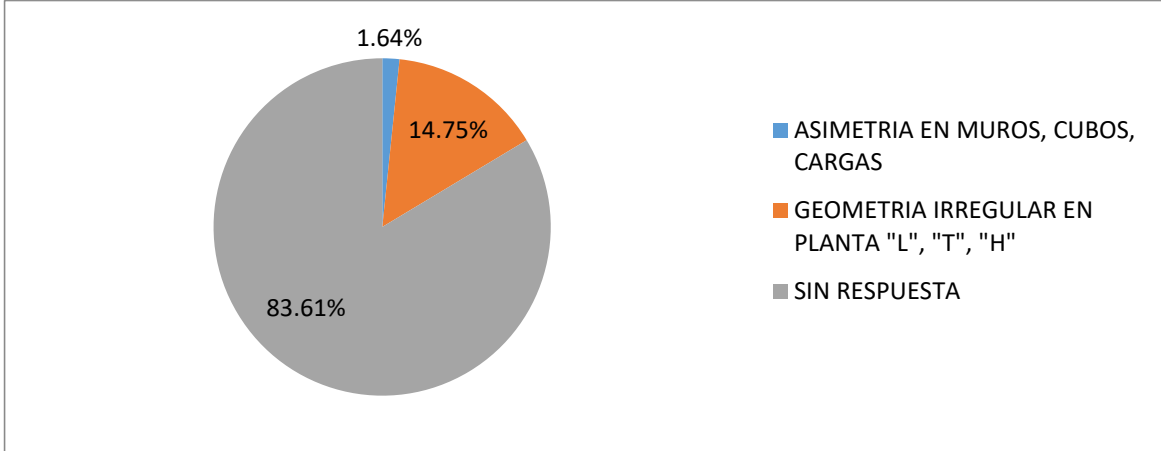
Gráfica 10. Cimentación



Fuente: los autores

Vulnerabilidad: se evaluó la vulnerabilidad de las estructuras a partir de tres aspectos, la irregularidad en planta, la irregularidad en elevación y la posición en manzana. En la irregularidad de la planta se analizó la asimetría en cubos, muros y cargas, grandes aberturas entrantes y salientes y la geometría irregular en planta "l", "t", "h". En la irregular en elevación se evaluó planta baja de doble altura, muros que no lleguen a la cimentación, la planta baja flexible y columnas cortas. Se identificó la posición en manzana, marcando si es en esquina, media o aislado. El 16,39% de las estructuras del corregimiento presentan vulnerabilidad irregular en planta, de los cuales el 14,75% por geometría irregular en planta "l", "t", "h" y el 1,64% por asimetría en muros, cubos y cargas.

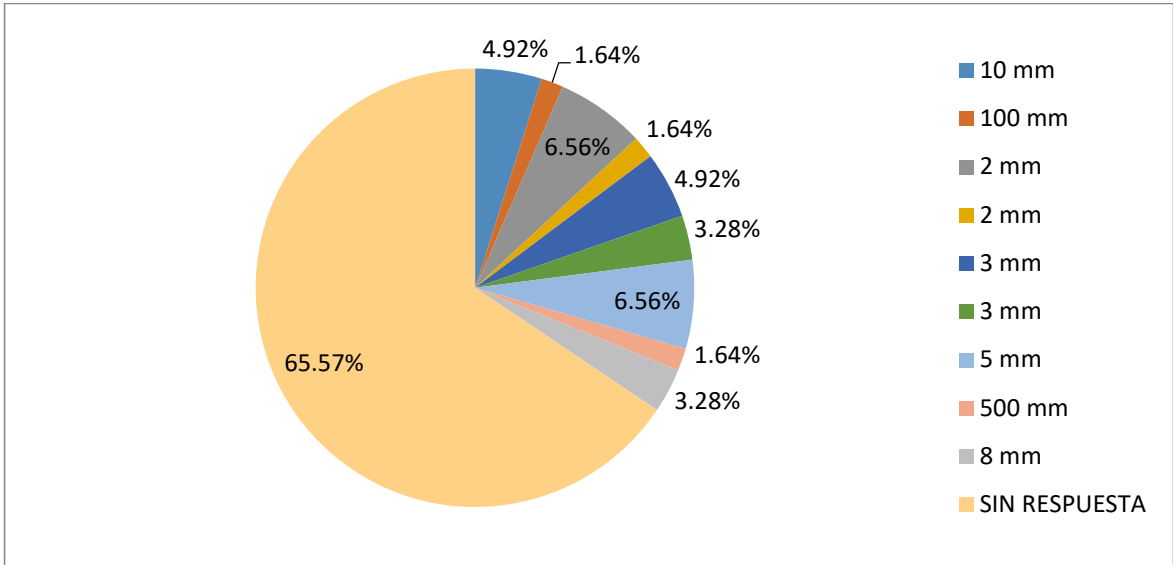
Gráfica 11. Vulnerabilidad irregular en planta



Fuente: los autores

Daños: Se diagnosticaron daños geotécnicos, conexiones, daños en las columnas, trabes, concreto, mampostería y el entrepiso más crítico, se estimó el nivel de daño de la estructura. Se encuentran daños geotécnicos generados por hundimiento en el 9,84% de las estructuras, no se detectan grietas en el terreno, ni inclinación en las edificaciones. En las losas no hay colapsos, pero si se evidencian grietas en el 34,43% de las edificaciones, que oscilan entre los 2 mm y los 500 mm., en la gráfica 12 se observa con detalla las grietas encontradas.

Gráfica 12. Grietas en losas



Fuente: los autores

No se tienen fallas por conexiones.

Frente a los daños en las columnas, trabes, concreto y mampostería, no se hayan colapsos, ni aplastamientos, no se tiene pandeo de barras, ni se evidencian fallas en soldadura, no hay separación de estribos, se evidencia grietas cortantes, grietas flexión y pandeo por placas.

Las grietas cortantes se encuentran en el 36,07% de las estructuras, de este porcentaje el 32,79% corresponde a grietas en mampostería y el 3,28% restante a grietas en columnas y mampostería.

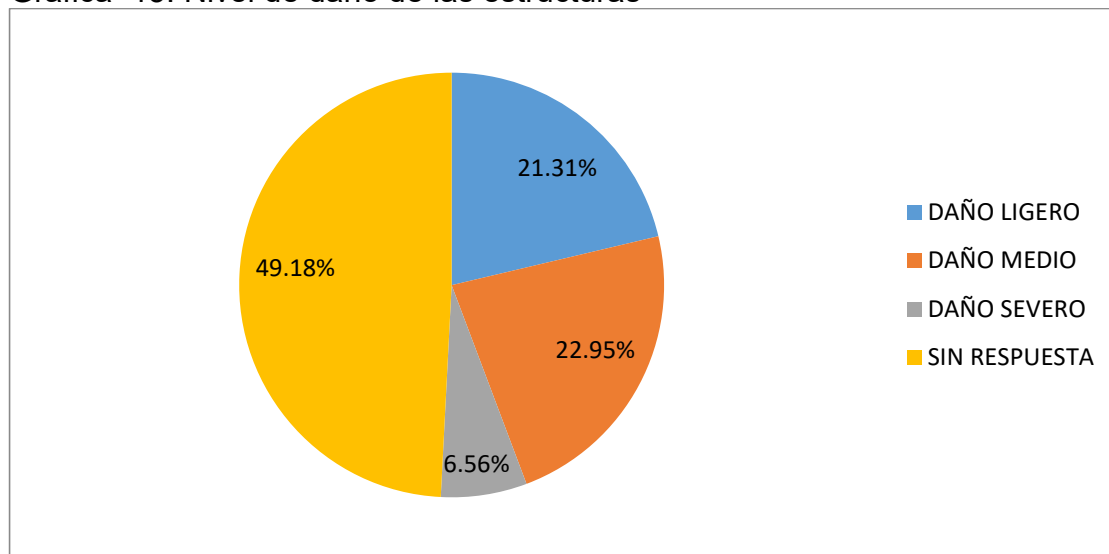
Las grietas de flexión son notables en el 16,39% de las estructuras, presentes en columnas y mampostería.

El pandeo por placa solo se presenta en una edificación.

Daños del entrepiso: el número de columnas con daño severo se presenta en 9 estructuras, en 5 de ellas en una columna, en 2 de ellas en 2 columnas, en 1 vivienda en 3 columnas y en otra vivienda en 20 columnas.

De acuerdo al análisis realizado, se determina que el 50,82% de las estructuras de la cabecera del corregimiento de Gramalote presenta algún tipo de daño, de éstas el 22,95% se encuentran clasificadas en daño medio, el 21,31% presenta un daño ligero y el 6,55% tiene un daño severo, tal como se aprecia en la gráfica 13.

Gráfica 13. Nivel de daño de las estructuras



Fuente: los autores

Matriz de amenazas y vulnerabilidades de las edificaciones

Para determinar las amenazas y vulnerabilidades de las edificaciones de la cabecera principal del corregimiento de Gramalote en baja, media y alta, se tuvieron en cuenta los siguientes criterios de evaluación que se describen en la tabla 34.

Tabla 34. Criterios de evaluación para vulnerabilidad de edificaciones

Sistema estructural		Irregularidad	
Muros de mampostería confinada		No presenta irregularidad	1
Muros de adobe o bahareque		Presenta irregularidad	2
Marcos y muros de diafragma			
Muros de mampostería tabique arcilla (ladrillo)			
Mixto	Muros de mampostería tabique arcilla (ladrillo) y tabique hueco de arcilla	No presenta daños	1
	Muros de adobe o bahareque y tabique arcilla (ladrillo)	Daño ligero	2
	Marcos y muros de diafragma y muros de adobe o bahareque	Daño medio	3
		Daño severo	4

Muros de mampostería confinada y tabique arcilla (ladrillo)	
---	--

Tipo de vulnerabilidad
BAJA
MEDIA
ALTA

Fuente: los autores

En la tabla 35 se detalla el sistema estructural, la irregularidad y daños que presenta, además el porcentaje de vulnerabilidad para cada edificación.

Tabla 35. Porcentaje de vulnerabilidad de cada edificación

N° casa	Sistema estructural	Irregularidad	Daños	Vulnerabilidad
1	1	1	2	29%
2	4	1	1	69%
3	1	1	1	27%
4	1	1	4	34%
5	1	1	1	27%
6	1	1	1	27%
7	5	1	3	88%
8	5	1	1	83%
9	5	1	3	88%
10	5	1	3	88%
11	4	1	3	74%
12	5	1	1	83%
13	5	1	2	85%
14	1	1	2	29%
15	5	1	1	83%
16	1	1	1	27%
17	1	1	2	29%
18	3	1	1	55%
19	3	1	2	57%
20	3	1	1	55%
21	3	1	1	55%
22	1	1	2	29%

N° casa	Sistema estructural	Irregularidad	Daños	Vulnerabilidad
23	1	1	1	27%
24	3	1	1	55%
25	1	1	3	32%
26	1	1	3	32%
27	3	1	3	60%
28	5	1	2	85%
29	1	1	1	27%
30	1	1	2	29%
31	5	1	1	83%
32	4	2	1	79%
33	1	1	3	32%
34	4	1	1	69%
35	1	1	1	27%
36	4	1	4	76%
37	1	2	1	37%
38	1	2	1	37%
39	1	2	1	37%
40	3	1	1	55%
41	5	1	2	85%
42	4	1	1	69%
43	1	1	3	32%
44	1	1	2	29%
45	5	2	3	98%
46	1	2	3	42%
47	1	1	1	27%
48	1	1	1	27%
49	4	1	3	74%
50	1	2	1	37%
51	3	2	4	72%
52	3	2	1	65%
53	5	2	2	95%
54	5	1	3	88%
55	5	1	1	83%
56	3	1	2	57%
57	2	1	3	46%
58	3	1	1	55%
59	5	1	4	90%

N° casa	Sistema estructural	Irregularidad	Daños	Vulnerabilidad
60	4	1	3	74%
61	1	1	1	27%

Fuente: los autores

En la tabla 36, se realiza el conteo del número de edificaciones en cada tipo de vulnerabilidad, con su correspondiente porcentaje.

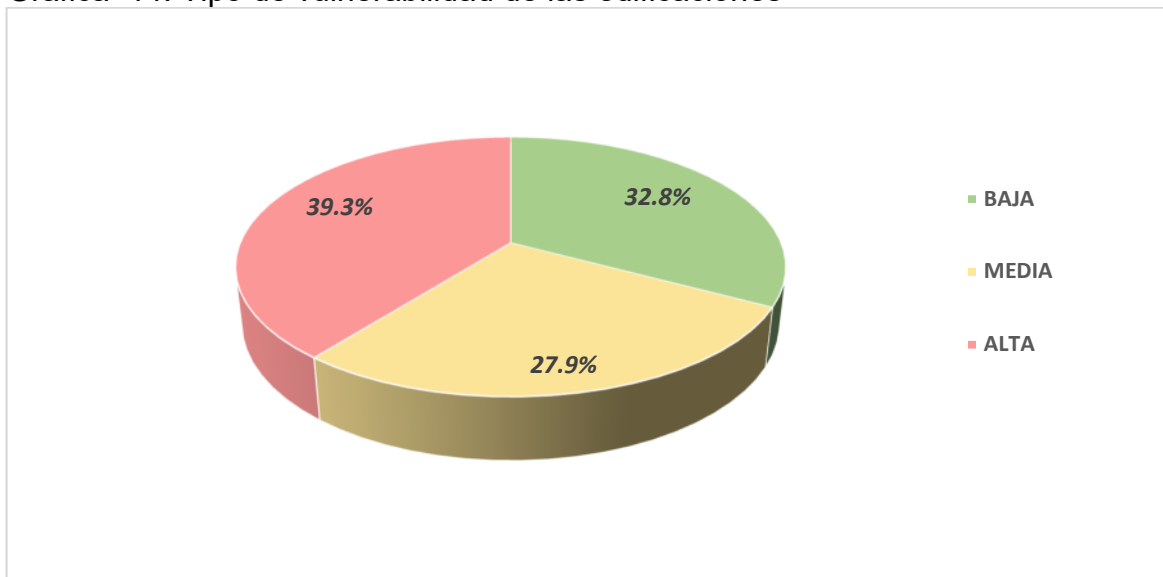
Tabla 36. Matriz de vulnerabilidad de las edificaciones

Tipo de vulnerabilidad	Cantidad de viviendas	Porcentaje de viviendas
BAJA	20	32,8%
MEDIA	17	27,9%
ALTA	24	39,3%
Total viviendas	61	100%

Fuente: los autores

En la gráfica 14 se aprecian los resultados del número de edificaciones en cada tipo de vulnerabilidad.

Gráfica 14. Tipo de vulnerabilidad de las edificaciones



Fuente: los autores

En la tabla 37, se realiza el conteo del número de edificaciones en cada tipo de vulnerabilidad, clasificadas en vulnerabilidad del sistema estructural, irregularidad y daños, con su correspondiente porcentaje.

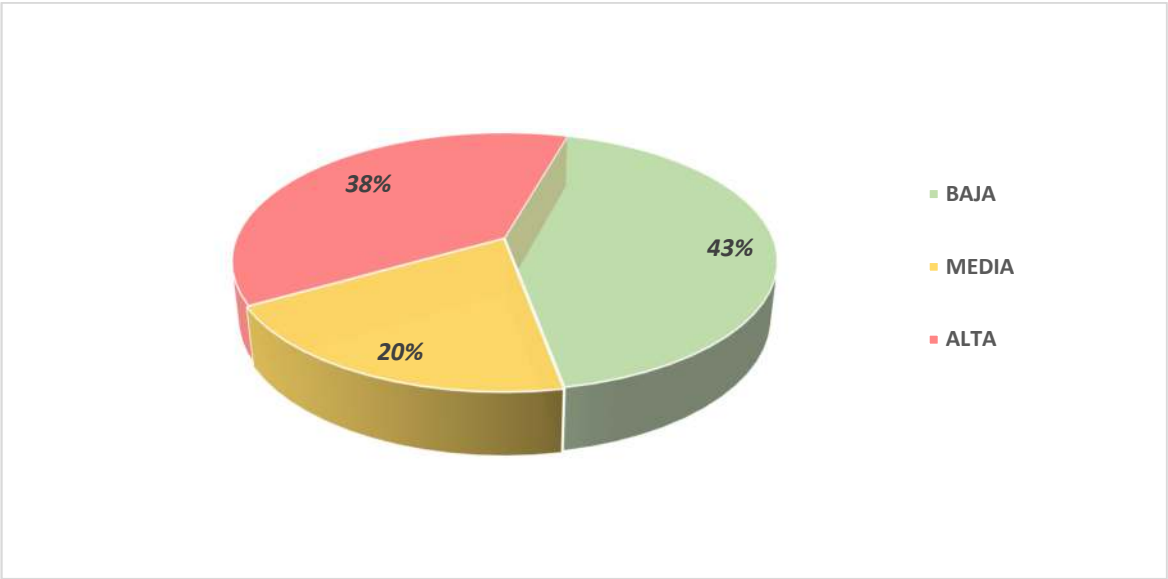
Tabla 37. Matriz de vulnerabilidad de las edificaciones en cada criterio evaluado

Tipo de vulnerabilidad	Vulnerabilidad sistema estructural		Vulnerabilidad irregularidad		Vulnerabilidad daños	
BAJA	26	43%	51	84%	30	49%
MEDIA	12	20%	0	0%	12	20%
ALTA	23	38%	10	16%	19	31%
Total viviendas	61	100%	61	100%	61	100%

Fuente: los autores

En la gráfica 15 se aprecian los resultados del número de edificaciones en el criterio vulnerabilidad estructural de viviendas.

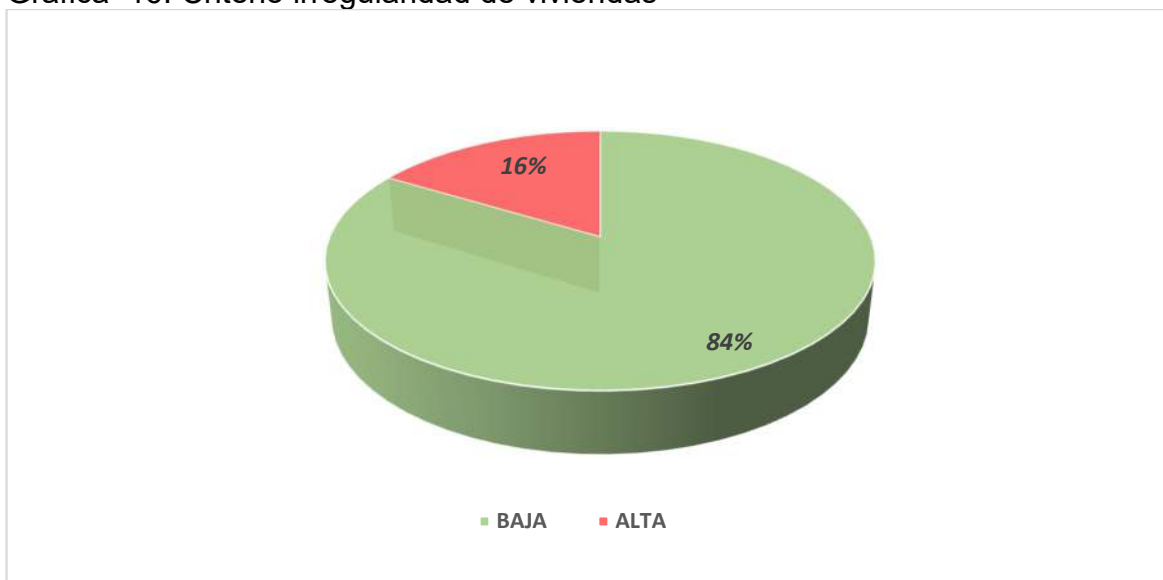
Gráfica 15. Criterio vulnerabilidad estructural de viviendas



Fuente: los autores

En la gráfica 16 se aprecian los resultados del número de edificaciones en el criterio irregularidad de viviendas.

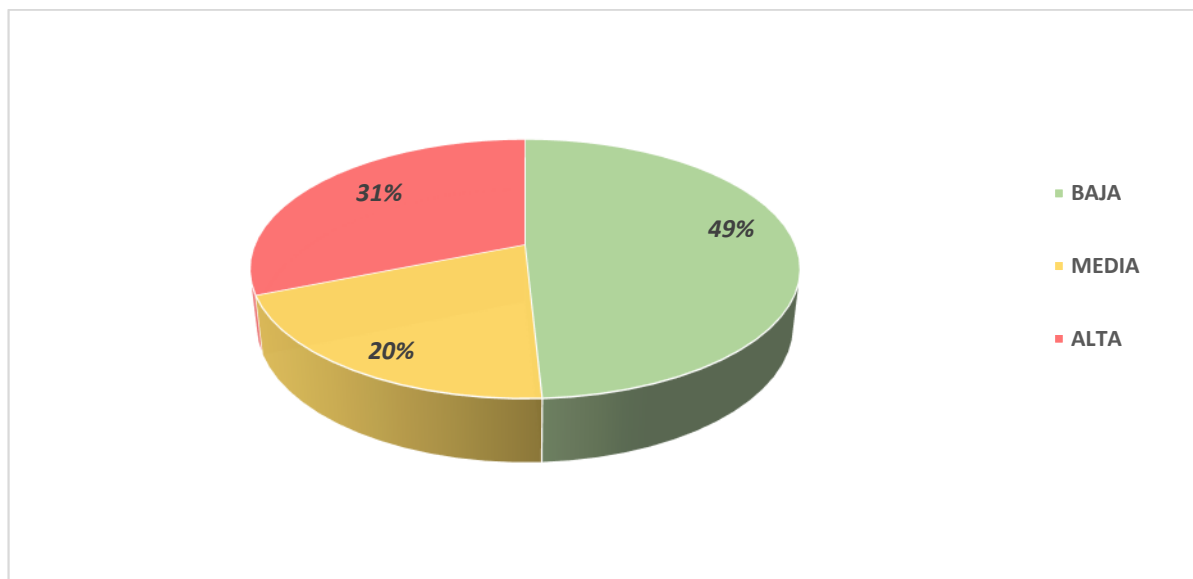
Gráfica 16. Criterio irregularidad de viviendas



Fuente: los autores

En la gráfica 17 se aprecian los resultados del número de edificaciones en el criterio vulnerabilidad daños de viviendas.

Gráfica 17. Criterio vulnerabilidad daños de viviendas



Fuente: los autores

De los resultados obtenidos en la matriz de vulnerabilidad, en la cual se consideró la vulnerabilidad con respecto al sistema estructural, irregularidad y daños, se obtuvo que el 39.3% de las viviendas presentan vulnerabilidad alta, el 27.9% vulnerabilidad media y el 32.8% vulnerabilidad baja, indicando que gran parte de las viviendas de gramalote tienen construcciones con alto grado de vulnerabilidad, una de las razones es la antigüedad de las mismas, toda vez que es un corregimiento que tiene aproximadamente entre 120 y 150 años, según información suministrada por uno de los encuestados.

El alto grado de vulnerabilidad obtenido es también resultado de las combinaciones estructurales, como las que se muestran en la figura 9:

Figura 9. Combinaciones estructurales



Fuente: Los autores

En la foto del margen izquierdo se puede observar que la columna tiene una parte construida en concreto reforzado y la otra parte en ladrillo macizo, en la foto del margen derecho se aprecia que la columna que sale del cimiento está construida en ladrillo macizo y la continuación de esta es en guadua.

En el sistema estructural se encontró que solo 26 de las viviendas cuentan con mampostería confinada, el resto de ellas están construidas en mampostería simple o sistemas mixtos (ver tabla 10), las viviendas que presentan mampostería confinada son porque han sido remodeladas o no son construcciones tan antiguas.

Se considera que las cimentaciones de estas viviendas, por el tiempo en que fueron construidas, en su gran mayoría son en zapatas aisladas, no se puede afirmar dado que en ninguna de las viviendas evaluadas se contaba con planos y sus habitantes no tenían conocimiento.

De acuerdo a la matriz de las edificaciones, según cada criterio evaluado (ver tabla 37), el 16% de las viviendas presentaron irregularidad en planta y/o elevación, el 31% presentan daños de severidad alta, el 20% daños de severidad media y el 49% daños de severidad baja, es decir que más de la mitad de las viviendas de gramalote presentan daños de severidad alta y media con grietas superiores a los 3mm, como se puede apreciar en la figura 10.

Figura 10. Daños en las estructurales



Fuente: Los autores

Cabe destacar que el corregimiento no cuenta con una escuela apta para la educación de niños y jóvenes, la edificación que se usaba para este servicio fue declarada en riesgo por la Alcaldía del municipio de Ansermanuevo desde aproximadamente 2 años; en la actualidad los niños reciben educación en una casa del corregimiento que se adecuo provisionalmente para prestar este servicio, el corregimiento tampoco cuenta con un puesto de salud.

Acciones a seguir

Se recomienda realizar un reforzamiento y/o remodelación estructural en las viviendas de gramalote, según los resultados obtenidos, la mayoría de éstas presentan vulnerabilidad entre media y alta, siendo el factor más determinante la antigüedad de las construcciones, tiempo en el cual no se tenía en cuenta la normatividad para la construcción, por tanto, se debe actualizar la construcción de las mismas dando cumplimiento a la norma sismo resistente colombiana.

Se recomienda reanudar el servicio de educación en un lugar que cumpla con las condiciones establecidas en la NSR10.

Con estas acciones se busca, que las viviendas y las edificaciones indispensables del corregimiento de Gramalote estén en condiciones aptas, dado que en caso de presentarse un evento sobrenatural, logren salvaguardar la vida de las personas.

6.2.2 Amenazas y vulnerabilidades de las vías de acceso

Para estructurar la matriz de amenazas y vulnerabilidades de las vías de acceso, se compararon los resultados de la ficha de estado y caracterización del sistema vial del corregimiento de Gramalote con los parámetros del Manual de Diseño Geométrico de Carreteras 2008 y el Manual de Inspección Visual de Pavimento Rígido.

Se presentan cuatro matrices, correspondientes a las vías de acceso a la parte urbana de Ansermanuevo, el acceso vía panorama, la vía Cartago – Ansermanuevo y la vía urbana.

En la tabla 38, se detalla la matriz de amenazas y vulnerabilidades del acceso a la parte urbana de Ansermanuevo.

Tabla 38. Matriz de amenazas y vulnerabilidades de las vías de acceso el filo

Elemento		Parámetros de la norma (manual de diseño geométrico de carreteras 2008 y manual de inspección visual de pavimento rígido)	Parámetros encontrados en el corregimiento de gramalote	Vulnerabilidad		
				% total del elemento	% real	Nivel de vulnerabilidad
Ancho de zona vía	Carreteable	12 metros	12 metros	10	10	NO HAY VULNERABILIDAD
Calzada	Carreteable	6 metros	3 metros	15	7,5	MEDIO

Berma	Carreteable	No aplica para velocidades inferiores a 40 Km/h	No existen	5	5	NO HAY VULNERABILIDAD
Cuneta	Carreteable	Son requeridas en cualquier vía	No existen	10	0	ALTO
Andenes	Carreteable	No aplica para accesos terciarios	No existen	3	3	NO HAY VULNERABILIDAD
Taludes	Carreteable	Erosión: los taludes deben protegerse con vegetación para evitar que el terreno se desgastes y se deslice. Abatimiento de la pendiente: la cara expuesta del talud o superficie debe tener una inclinación adecuada que permita que el talud permanezca estable.	No existen taludes superiores en la vía	10	10	NO HAY VULNERABILIDAD
Señalización	Vía en general	Obligatorio	No existen	7	0	ALTO
Total vulnerabilidad de acuerdo al porcentaje(0 a 20% alto, 21% a 40% Medio,41% a 60% Bajo)				60	35,5	MEDIO
Daños						
Surcos generados por el agua		Todas las vías deben contar con obras de drenaje para la evacuación del agua, y de esta manera evitar que el paso del agua cause daños como surcos en la vía	Múltiples surcos generados por el agua	14	4	ALTO
Arrastre del material de la vía		Una vía debe mantener su terreno nivel y su superficie debe permitir el tránsito cómodo y seguro de los vehículos que por ella transiten	Se observa arrastre del material de la vía debido al paso el agua sin control alguno	13	5	ALTO
Erosión del terreno		el material que conforma la vía debe cuidarse siempre del desgaste y la erosión causada principalmente por el agua, para esto se utilizan obras de control de agua	El terreno se encuentra ligeramente erosionado, y no existen obras de control de aguas superficiales	13	10	MEDIO
Total vulnerabilidad de acuerdo al porcentaje(0 a 13% alto, 14% a 26% Medio,27% a 40% Bajo)				40	19	MEDIO
Total vulnerabilidad de acuerdo al porcentaje(0 a 33% alto, 34% a 66% Medio,67% a 100% Bajo)				100	54,5	MEDIO

Fuente: Los autores

En la tabla 39, se presenta la matriz de amenazas y vulnerabilidades del acceso vía Panorama.

Tabla 39. Matriz de amenazas y vulnerabilidades del acceso vía Panorama.

Elemento		Parámetros de la norma (manual de diseño geométrico de carreteras 2008 y manual de inspección visual de pavimento rígido)	Parámetros encontrados en el corregimiento de gramalote	Vulnerabilidad		
				% total del elemento	% real	Nivel de vulnerabilidad
Ancho de zona vía	Carreteable	12 metros	12 metros	10	10	NO HAY VULNERABI LIDAD
Calzada	Carreteable	6 metros	6 metros- 3.8metros	15	10	MEDIO
Berma	Carreteable	No aplica para velocidades inferiores a 40 Km/h	No existen	5	5	NO HAY VULNERABI LIDAD
Cuneta	Carreteable	Son requeridas en cualquier vía	No existen	10	0	ALTO
Andenes	Carreteable	No aplica para accesos terciarios	No existen	3	3	NO HAY VULNERABI LIDAD
Taludes	Carreteable	<p>Erosión: los taludes deben protegerse con vegetación para evitar que el terreno se desgastes y se deslice.</p> <p>Abatimiento de la pendiente: la cara expuesta del talud o superficie debe tener una inclinación adecuada que permita que el talud permanezca estable.</p>	<p>El talud número 2 se encuentra casi que completamente desprotegido por capa vegetal, se observa un fuerte desgaste del terreno. Además su pendiente es muy alta, ya que no se ha realizado ningún tipo de obra estabilizante.</p> <p>El talud número 4 presenta con cierta socavación en su superficie y tampoco tiene una abatimiento de pendiente, a esto se suma que la capa orgánica del talud tiene un espesor significativo.</p> <p>Los taludes 1 y 3 se encuentran en buenas condiciones, ya que cuentan con</p>	10	5	NO HAY VULNERABI LIDAD

			capa vegetal y una pendiente segura.			
Señalización	vía en general	Obligatorio	No existen	7	0	ALTO
Total vulnerabilidad de acuerdo al porcentaje(0 a 20% alto, 21% a 40% Medio,41% a 60% Bajo)				60	33	MEDIO
Daños						
Surcos generados por el agua	Todas las vías deben contar con obras de drenaje para la evacuación del agua, y de esta manera evitar que el paso del agua cause daños como surcos en la vía		Múltiples surcos generados por el agua	14	4	ALTO
Arrastre del material de la vía	Una vía debe mantener su terreno nivel y su superficie debe permitir el tránsito cómodo y seguro de los vehículos que por ella transiten		Se observa arrastre del material de la vía debido al paso el agua sin control alguno	13	5	ALTO
Erosión del terreno	El material que conforma la vía debe cuidarse siempre del desgaste y la erosión causada principalmente por el agua, para esto se utilizan obras de control de agua		El terreno se encuentra ligeramente erosionado, y no existen obras de control de aguas superficiales	13	10	MEDIO
Total vulnerabilidad de acuerdo al porcentaje(0 a 13% alto, 14% a 26% Medio,27% a 40% Bajo)				40	19	MEDIO
Total vulnerabilidad de acuerdo al porcentaje(0 a 33% alto, 34% a 66% Medio.67% a 100% Bajo)				100	52	MEDIO

Fuente: Los autores

En la tabla 40, se dan los resultados de amenazas y vulnerabilidades del acceso a la parte urbana de Ansermanuevo.

Tabla 40. Matriz de amenazas y vulnerabilidades acceso parte urbana de Ansermanuevo

Elemento	Parámetros de la norma (manual de diseño geométrico de carreteras 2008 y manual de	Parámetros encontrados en el	Vulnerabilidad
----------	--	------------------------------	----------------

		inspección visual de pavimento rígido)			corregimiento de gramalote	% total del elemento	% real	Nivel de vulnerabilidad
Ancho de zona vía	Pavimento rígido	No aplica			No aplica	10	10	NO HAY VULNERABILIDAD
Calzada	Pavimento rígido	6 metros			6 metros	15	15	MEDIO
Berma	Pavimento rígido	No aplica para velocidades inferiores a 40 Km/h			No existen	5	5	NO HAY VULNERABILIDAD
Cuneta	Pavimento rígido	Son requeridas en cualquier vía			No existen	10	0	ALTO
Andenes	Pavimento rígido	Ancho 1.5 metros			Diferentes dimensiones y discontinuos	3	1	NO HAY VULNERABILIDAD
Taludes	Pavimento rígido	Erosión: los taludes deben protegerse con vegetación para evitar que el terreno se desgastes y se deslice. Abatimiento de la pendiente: la cara expuesta del talud o superficie debe tener una inclinación adecuada que permita que el talud permanezca estable.			No existen taludes superiores en la vía	10	10	NO HAY VULNERABILIDAD
Señalización	Vía en general	Obligatorio			No existen	7	0	ALTO
Total vulnerabilidad de acuerdo al porcentaje(0 a 20% alto, 21% a 40% Medio,41% a 60% Bajo)						60	41	BAJO
Daños								
Daños	Severidad	Bajo	Medio	Alto				
Grietas	De esquina	espesor <3mm	3mm-10mm	espesor> 10mm	10mm a 15mm	5	1	ALTO
	Longitudinal	<3mm	3mm-10mm	>10mm	10mm a 20mm	5	1	ALTO
	Transversal	<3mm	3mm-10mm	>10mm	10mm a 20mm	5	1	ALTO
	En bloque	Siempre son del alta severidad	Siempre son del alta severidad	Siempre son del alta severidad	Múltiples grietas en bloque	5	1	ALTO
Total vulnerabilidad de acuerdo al porcentaje(0 a 6% alto, 7% a 13% Medio,14% a 20% Bajo)						20	4	ALTO
Deterioro superficial	Descascaramiento	profundidad<5mm	5mm-15mm	profundidad>15mm	5mm a 15mm	2,86	1,9	MEDIO
	Baches	<25mm	25mm-50mm	>50mm	15mm a 24 mm	2,86	0,95	BAJO

Parches	desempeño satisfactorio	daños de severidad media baja	gravemente deteriorado	No existen	2,86	2,86	NO HAY VULNERABILIDAD
Ondulaciones	desnivel<5mm	5mm-10mm	desnivel>10mm	no existe	2,86	2,86	NO HAY VULNERABILIDAD
Hundimientos	profundidad<20mm	20mm-40mm	profundidad>40mm	20mm a 30mm	2,86	1,9	MEDIO
Desportillamiento	extensión<80mm	extensión>80mm profundidad<25mm	extensión>80mm profundidad>25mm	100mm a 150mm;profundidad<25mm	2,86	1,9	MEDIO
Escalonamiento de Juntas	desnivel<5mm	5mm-10mm	desnivel>10mm	no existen	2,86	2,86	NO HAY VULNERABILIDAD
Total vulnerabilidad de acuerdo al porcentaje(0 a 6% alto, 7% a 13% Medio,14% a 20% Bajo)					20	15,22	BAJO
Total vulnerabilidad de acuerdo al porcentaje(0 a 33% alto, 34% a 66% Medio,67% a 100% Bajo)					100	60,22	MEDIO

Fuente: Los autores

En la tabla 41, se aprecian los resultados de amenazas y vulnerabilidades de la vía urbana de Gramalote.

Tabla 41. Matriz de amenazas y vulnerabilidades vía urbana de Gramalote

Elemento		Parámetros de la norma (manual de diseño geométrico de carreteras 2008 y manual de inspección visual de pavimento rígido)	Parámetros encontrados en el corregimiento de gramalote	Vulnerabilidad		
				% total del elemento	% real	Nivel de vulnerabilidad
Ancho de zona vía	(Pavimento rígido deteriorado)	No aplica	No aplica	10	10	NO HAY VULNERABILIDAD
Calzada	(Pavimento rígido en buen estado)	No aplica	No aplica	10	10	MEDIO
Berma	(Pavimento rígido deteriorado)	6 metros	5 metros	15	13	NO HAY VULNERABILIDAD
Cuneta	(Pavimento rígido en buen estado)	6 metros	3.8 metros	15	10	ALTO

Andenes	(Pavimento rígido deteriorado)	No aplica para velocidades inferiores a 40 Km/h			No existen	5	5	NO HAY VULNERABILIDAD
Taludes	(Pavimento rígido en buen estado)	No aplica para velocidades inferiores a 40 Km/h			No existen	5	5	NO HAY VULNERABILIDAD
Señalización	(Pavimento rígido deteriorado)	son requeridas en cualquier via			No existen	10	0	NO HAY VULNERABILIDAD
Total pavimento rígido en mal estado de acuerdo al porcentaje(0 a 20% alto, 21% a 40% Medio,41% a 60% Bajo)						60	39	MEDIO
Daños	Severidad	Bajo	Medio	Alto	Gramalote			
Grietas	De esquina	espesor <3mm	3mm-10mm	espesor >10mm	10mm a 15mm	5	1	ALTO
	Longitudinal	<3mm	3mm-10mm	>10mm	10mm a 20mm	5	1	ALTO
	Transversal	<3mm	3mm-10mm	>10mm	10mm a 20mm	5	1	ALTO
	En bloque	Siempre son del alta severidad	Siempre son del alta severidad	Siempre son del alta severidad	Múltiples grietas en bloque	5	1	ALTO
Total vulnerabilidad de acuerdo al porcentaje(0 a 6% alto, 7% a 13% Medio,14% a 20% Bajo)						20	4	ALTO
Deterioro superficial	Descascaramiento	profundidad <5mm	5mm-15mm	profundidad >15mm	5mm a 15mm	2,86	1,9	MEDIO
	Baches	<25mm	25mm-50mm	>50mm	15mm a 24 mm	2,86	0,95	BAJO
	Parches	desempeño satisfactorio	daños de severidad media baja	gravemente deteriorado	daño de severidad media a baja	2,86	1,9	MEDIO
	Ondulaciones	desnivel< 5mm	5mm-10mm	desnivel> 10mm	5mm	2,86	1,9	MEDIO
	Hundimientos	profundidad <20mm	20mm-40mm	profundidad >40mm	20mm a 30mm	2,86	1,9	MEDIO
	Desportillamiento	extensión <80mm	extensión> 80mm profundidad < 25mm	extensión >80mm profundidad > 25mm	100mm a 200mm;profundidad <25mm	2,86	1,9	MEDIO
	Escalonamiento de Juntas	desnivel< 5mm	5mm-10mm	desnivel> 10mm	>10mm	2,86	2,86	ALTO
Total vulnerabilidad de acuerdo al porcentaje(0 a 6% alto, 7% a 13% Medio,14% a 20% Bajo)						20	13,31	MEDIO
Total vulnerabilidad de acuerdo al porcentaje(0 a 33% alto, 34% a 66% Medio,67% a 100% Bajo)						100	49,81	MEDIO

Fuente: Los autores

Según el manual geométrico de diseño de carreteras de INVIAS del 2008 una vía terciaria debe contar con 12 metros de derecho de vía, como se muestra en la tabla 42, extraída del capítulo 5 del manual mencionado.

Tabla 42. Ancho de zona

Categoría de la carretera	Ancho de zona (m)
Primaria de dos calzadas	>30
Primaria de una calzada	24 – 30
Secundaria	20 – 24
Terciaria	12

Fuente: INVIAS, 2008. Manual geométrico de diseño de carreteras

El manual también especifica que la calzada debe medir 6 metros y la cuneta o berma cuneta debe tener una dimensión mínima de 0.5 metros, como se detalla en la tabla 43.

Tabla 43. Ancho de calzada (metros)

Categoría de la carretera	Tipo de terreno	Velocidad de diseño del tramo homogéneo (V_{TR})									
		20	30	40	50	60	70	80	90	100	110
Primaria de dos calzadas	Plano							7.30	7.30	7.30	7.30
	Ondulado							7.30	7.30	7.30	7.30
	Montañoso						7.30	7.30	7.30	7.30	
	Escarpado						7.30	7.30	7.30		
Primaria de una calzada	Plano							7.30	7.30	7.30	
	Ondulado						7.30	7.30	7.30	7.30	
	Montañoso					7.30	7.30	7.30	7.30		
	Escarpado					7.00	7.00	7.00			
Secundaria	Plano					7.30	7.30	7.30			
	Ondulado				7.00	7.30	7.30	7.30			
	Montañoso			6.60	7.00	7.00	7.00				
	Escarpado			6.00	6.60	7.00					
Terciaria	Plano			6.00							
	Ondulado		6.00	6.00							
	Montañoso	6.00	6.00	6.00							
	Escarpado	6.00	6.00								

Fuente: INVIAS, 2008. Manual geométrico de diseño de carreteras

En todos los casos las vías deben contar con estructuras que permitan la evacuación del agua, sea de escorrentía o de precipitaciones, por lo tanto es obligatoria la construcción de cunetas o berma-cunetas.

Con la información anterior se puede concluir que la vía urbana y las vías de acceso al corregimiento de gramalote difícilmente cumplen con la normatividad especificada en el manual, en la tabla 44 se describen las dimensiones encontradas de calzada y características de elementos complementarios:

Tabla 44. Dimensiones de calzada y características de elementos complementarios de las vías

Tramo		Derecho de vía(m)	Ancho de calzada (m)	Cuneta	Sardinell (m)		Box culvert		
							Existe	Ancho	Largo
vía urbana Gramalote	Pavimento rígido en mal estado	no aplica	5	No	No	0	No	0	0
	Pavimento rígido en buen estado	No aplica	3.68	No	Si	231.62	No	0	0
	Placa huella	No aplica	4.44	Berma cuneta	Si	152.7	Si	1.2	1.1
Acceso zona urbana de Anserma	Pavimento rígido	no aplica	6	No	No	0	No	0	0
Acceso el filo	Carreteable	12	3	No	No	0	No	0	0
Acceso vía panorama	Carreteable	12	3.7- 6	No	No	0	No	0	0

Fuente: Los autores

Vía urbana del corregimiento: al observar las dimensiones de las calzadas, éstas no cumplen lo requerido por la norma, la cual especifica que la dimensión de la calzada debe ser de 6 metros, es decir 3 metros hacia la izquierda y 3 metros hacia la derecha a partir del eje, bien sea para vías urbanísticas o vías terciarias de acceso.

Es obligatorio contar con obras que permitan la evacuación de agua, cabe destacar que en el corregimiento de Gramalote no se observan aguas de escorrentías de ningún tipo, pero como es natural si se presentan precipitaciones.

Como se mencionó anteriormente, es obligatorio contar con obras de manejo, conducción y evacuación de agua para evitar que esta cause daños en la estructura del pavimento, en el corregimiento solo se tiene en cuenta en el tramo construido en placa huella, donde existe un box culver y se cuenta con una berma cuneta que conduce el agua lluvia hasta el box. Los demás tramos de la vía no cuentan con estructuras de control de aguas ni existen cunetas.

También se realizó la inspección visual del pavimento rígido de la vía de acuerdo al Manual para inspección visual de pavimentos rígidos del instituto Nacional de Vías, encontrando daños significativos en el 76% de la longitud de la vía en pavimento rígido, es decir, que de 950.8 metros que existen de pavimento rígido 719.2 metros se encuentran en mal estado, presentando daños de severidad alta como grietas de esquina, longitudinales, transversales, en bloque, parches y escalonamientos de juntas, y daño de severidad media como hundimientos, descascaramientos, ondulaciones y levantamiento localizado, de severidad baja se observan los baches.

También se observó que no existe sardinel en 950.8 metros de pavimento rígido, el cual es muy necesario para aislar las viviendas de la calzada y protegerlas de humedades por el paso de agua lluvia.

El tramo construido en placa huella se encuentra en buen estado, no presenta daños importantes en su estructura y funcionalidad.

El tramo en carreteable cuenta con muchos surcos producidos por el agua de escorrentía, el cual no cuenta con obras de evacuación, por lo cual también en

temporada de lluvia los tramos donde las pendientes son más altas se convierten en puntos potenciales de accidentabilidad, dado que el terreno se hace más liso y pantanoso.

Vías de acceso

Acceso vía panorama: esta vía se encuentra construida en carreteable, es decir no se encuentra pavimentada, tiene un ancho de calzada de 6 metros hasta los 578 metros, de ahí en adelante la calzada se reduce a 3.8 metros, ésta puede ampliarse toda vez que no se encuentran muchas edificaciones en este acceso al corregimiento.

Esta zona del corregimiento es donde más se presenta tránsito de vehículos de carga pesada como camiones doble troque, volquetas y mulas, debido a que es allí donde se encuentran las industrias procesadoras del municipio.

En la vía se observan diferentes daños como surcos generados por el paso del agua producida por las precipitaciones, la cual también genera arrastre del material expuesto de la vía y erosión en el terreno natural, todo esto consecuencia que la vía no cuente con estructuras como cunetas o canales destinados a recibir el agua y evacuarla de forma rápida y eficiente antes de que genere deterioro en la vía.

Acceso vía Cartago –Ansermanuevo (El Filo): este acceso también como el anterior es carreteable, presenta daños de la misma magnitud generados por el paso del agua no controlado, no cuenta con cunetas, por lo tanto el agua de precipitaciones circula libremente por la vía generando caminos mejor conocidos como surcos, que causan un desnivel en el terreno y puede ocasionar simultáneos accidentes, pues la superficie de circulación pierde su uniformidad. Esta vía cuenta con una calzada de 3 metros de ancho, la cual dificulta la movilidad de más de un vehículo por la vía en direcciones opuestas.

Acceso parte urbana del municipio Ansermanuevo (El Crucero): este acceso se encuentra construido en pavimento rígido, la calzada tiene un ancho de 6 metros, el cual cumple con lo establecido por el INVIAS, sin embargo, el estado del pavimento no es muy favorable, se encuentra deteriorado y presenta diferentes daños en su estructura, las grietas que se observan son longitudinales, transversales, de esquina y en algunas losas existen grietas en bloque, que en todos los casos se consideran de severidad alta, las demás se presentan con menos severidad.

Las vías inspeccionadas no cuentan con ningún tipo de señalización, la importancia de este elemento radica en hacer la vía más segura para quienes por ella transitan y además brindar información acerca de las condiciones en las que se encuentran las vías, la velocidad para la que están diseñadas, las curvas y los peligros o cuidados al transitarla.

Acciones a seguir

Teniendo en cuenta los daños que presenta la vía del corregimiento de Gramalote, se recomienda reemplazar el 76% del pavimento rígido que se encuentra en mal estado, los daños a los que están expuestos en su mayoría son de severidad alta, además las placas cuentan con grupos de daños, lo cual hace más difícil la recuperación del pavimento, aunado a la caducidad de vida útil del mismo y al cambio en las condiciones de tránsito del corregimiento, en el cual no transitaban vehículos de carga pesada, pero debido al crecimiento industrial del municipio de Ansermanuevo se ha extendido hacia esta zona, generando el tránsito de vehículos de categoría III y IV, por tanto, se debe realizar un diseño que se acomode a las condiciones actuales del corregimiento, tanto en su vía urbana como en las vías de acceso.

Deben construirse obras de drenaje como cunetas y transversales que permitan la conducción y evacuación del agua adecuadamente, para que esta no cause daños en la vía, tanto en la zona urbana que se encuentra pavimentada como en el carreteable, y en los accesos al corregimiento, que como se indicó anteriormente son carreteables; estas obras deben diseñarse de acuerdo a las especificaciones de INVIAS para vías terciarias.

En el momento es necesario realizar una nivelación del carreteable para eliminar los surcos generados por el paso del agua, para esto puede ser necesario reemplazar cierto material que ha sido arrastrado y deteriorado por el agua, de esta manera mitigar la vulnerabilidad de accidentes, principalmente de motocicletas y vehículos livianos.

Es importante implementar señalización en todos los tramos analizados para hacer las vías más seguras y brindar mejor información a los transeúntes, este proceso se debe realizar acorde al manual de señalización de INVIAS.

Las especificaciones del INVIAS de las dimensiones del derecho de vía y de las calzadas debe revisarse de acuerdo al Plan Básico de Ordenamiento Territorial - PBOT municipal el cual se encuentra en proceso de modificación.

6.2.3 Amenazas y vulnerabilidades de los taludes

Los cuatro taludes fueron sometidos a pruebas de laboratorio de granulometría, contenido de humedad, límites de Atterberg, gravedad específica. A continuación se presentan los resultados.

6.2.3.1 Pruebas de laboratorio Talud No. 1

Granulometría Talud No. 1

El peso total de la muestra para este ensayo fue de 325.03 gramos. En la tabla 45, se presenta los datos obtenidos en el laboratorio.

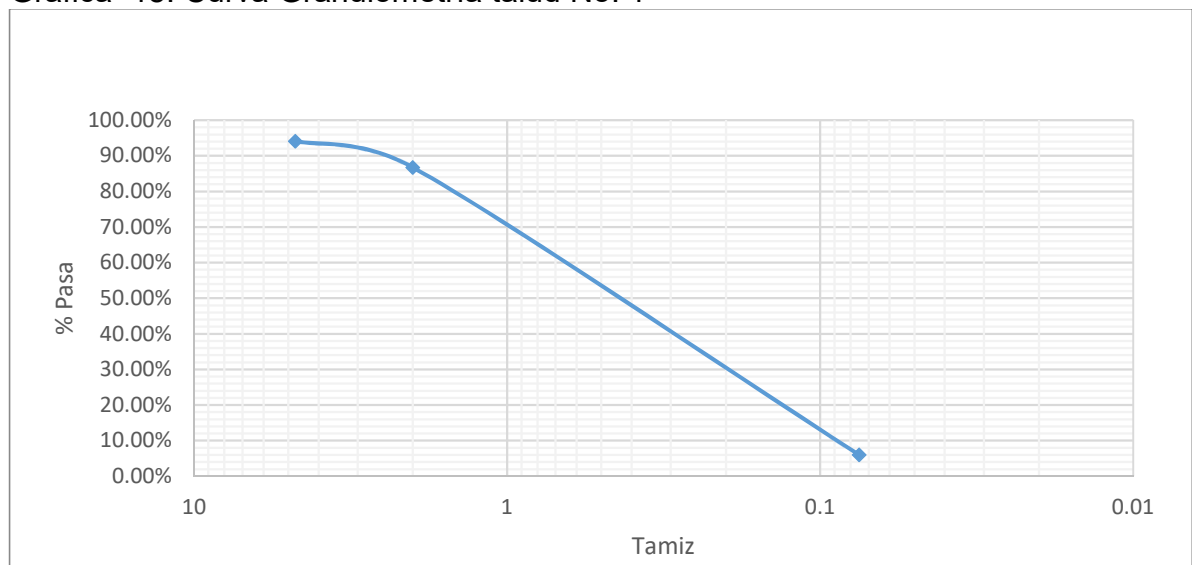
Tabla 45. Datos de laboratorio talud No. 1

Datos obtenidos en el laboratorio			%retenido	% Retenido acumulado	% Pasa
Tamiz	Diámetro (mm)	Peso retenido (g)			
N°4	4,75	19,14	5,89%	5,89%	94,11%
N°10	2	23,96	7,37%	13,26%	86,74%
N°200	0,075	262,45	80,75%	94,01%	5,99%
Fondo		19,48	5,99%	100%	0%
Σ		325,03			

Fuente: Los autores

En la gráfica 18, se aprecia la curva de granulometría del talud número 1.

Gráfica 18. Curva Granulometría talud No. 1



Fuente: Los autores

En la tabla 46, se precisan los resultados de los coeficientes de uniformidad y curvatura del talud No. 1.

Tabla 46. Coeficientes de uniformidad y curvatura talud No. 1

Coeficiente	Valor
D10=	0,09
D30=	0,2
D60=	0,55
Cu=	6,11
Cc=	0,81

Fuente: Los autores

De acuerdo a la tabla anterior, se tiene que el coeficiente de uniformidad muestra que el suelo tratado en el laboratorio no es uniforme y los resultados del coeficiente de curvatura señalan que el suelo es mal gradado.

Según los resultados, se evidencia que en el tamiz N°4 quedaron retenidos 19.14 g, lo cual es 5.89% de la muestra, el pasante en ese tamiz respecto al material total fue de 94.11%, razón por la cual el suelo se clasifica en arena. El peso retenido en el tamiz N°10 fue de 23.96 g lo cual es el 7.37% de la muestra, el pasante en ese tamiz con respecto al material total fue de 86.74%, lo cual indica que el material es una arena fina. En el tamiz N°200 el peso retenido fue de 262.45g, lo cual equivale al 80.75% de la muestra y el pasante hacia el fondo fue de 5.99%.

Se concluye que el suelo es no plástico debido a que no tiene límites de atterberg y la clasificación según la SUCS es SP.

Contenido de humedad Talud No. 1

El contenido de humedad se determina en base a la siguiente ecuación:

Ecuación 1. Porcentaje de humedad

Porcentaje de Humedad

$$\% \omega = \frac{W_1 - W_2}{W_2 - W_{Tara}}$$

Donde:

$$W_1 = W_{Tara} + W_h$$

$$W_2 = W_{Tara} + W_s$$

En la tabla 47, se detallan los resultados de la prueba de contenido de humedad del talud No. 1.

Tabla 47. Contenido de humedad talud No. 1

MUESTRA 1		MUESTRA 2		MUESTRA 3	
W_{TARA} (g)	42,98	W_{TARA} (g)	35,33	W_{TARA} (g)	38,96
W_{TARA}+W_{HUMEDO} (g)	111,11	W_{TARA}+W_{HUMEDO} (g)	106,26	W_{TARA}+W_{HUMEDO} (g)	106,35
W_{TARA}+W_{SECO} (g)	102,97	W_{TARA}+W_{SECO} (g)	97,26	W_{TARA}+W_{SECO} (g)	97,26
W_{HUMEDO} (g)	68,13	W_{HUMEDO} (g)	70,93	W_{HUMEDO} (g)	67,39
W_{SECO} (g)	59,99	W_{SECO} (g)	61,93	W_{SECO} (g)	58,3
%ω	13,57%	%ω	14,53%	%ω	15,59%
%ω		14,56%			

Fuente: Los autores

Límites de atterberg Talud No. 1

Al material del talud número 1, no fue posible encontrarle el límite líquido y plástico, toda vez que al momento de hacer el ensayo de límite plástico el suelo se desliza

por la cazuela en menos de 25 golpes, lo que lleva a concluir que no es apto para este laboratorio (Norma E-125, pág. 5), igualmente no se le puede encontrar el límite plástico dado que al momento de hacer los rollos, el suelo se desmorona y no se deja moldear, por estas razones el material no permite establecer los límites.

Gravedad específica Talud No. 1

Para determinar la gravedad específica, se despeja la siguiente ecuación:

Ecuación 2. Gravedad específica

$$G_s = \frac{W_s * K}{W_s + W_b - W_a}$$

G_s : 0.617

En la tabla 48 se presenta los resultados de estrato único del talud número 2.

Tabla 48. Datos laboratorio Gravedad específica talud No. 1

VARIABLE	VALOR
W _{PICNOMETRO VACIO}	88,7
W _{PICNOMETRO +AGUA (W_a)}	332,6
W _{TARA}	133,0
W _{PICNOMETRO+AGUA+SUELO (w_b)}	357,3
T°	26,0
W _{TARA+SUELO SECO}	173,0
W _{SUELO SECO (W_s)}	40,0
Factor K	0,9986

Fuente: Los autores

6.2.3.2 Pruebas de laboratorio Talud No. 2

Granulometría Talud No. 2

El peso total de la muestra para este ensayo fue de 457.2 gramos. En la tabla 49, se detallan los resultados de las pruebas de laboratorio.

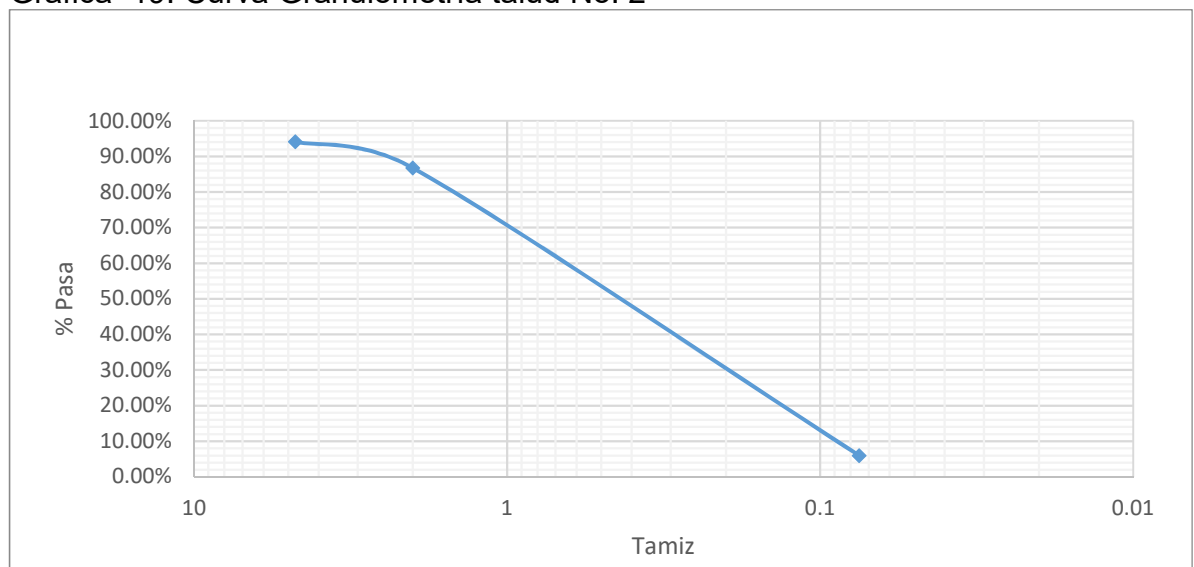
Tabla 49. Granulometría talud No. 2

Datos obtenidos en el laboratorio			%retenido	% Retenido acumulado	% Pasa
Tamiz	Diámetro (mm)	Peso retenido (g)			
N°4	4,75	2,4	0,52%	0,52%	99,48%
N°10	2	44,8	9,80%	10,32%	89,68%
N°200	0,075	380	83,11%	93,44%	6,56%
Fondo		30	6,56%	100%	0%
Σ		457,2			

Fuente: Los autores

En la gráfica 19, se aprecia la curva de granulometría del talud número 2.

Gráfica 19. Curva Granulometría talud No. 2



Fuente: Los autores

En la tabla 50, se detallan los resultados de los coeficientes de uniformidad y curvatura del talud No. 2.

Tabla 50. Coeficientes de uniformidad y curvatura talud No. 2

Coeficiente	Valor
D10=	0,085
D30=	0,19
D60=	0,62
Cu=	7,29
Cc=	0,69

Fuente: Los autores

El coeficiente de uniformidad muestra que el suelo tratado en el laboratorio no es uniforme y los resultados del coeficiente de curvatura señalan que el suelo es mal gradado.

En el tamiz N°4 el peso retenido fue de 2.4g, esto es el 0.52% de la muestra total, el pasante en ese tamiz con respecto al material total fue de 99.48%, lo anterior indica que el material es una arena. Continuando con el análisis en el tamiz N°10 quedaron retenidos 44.8g lo cual equivale al 9.80% del material, el pasante hacia el próximo tamiz respecto al material total fue 89.68%, esto muestra que el material es una arena fina, y en el tamiz N°200 quedaron retenidos 380g, es decir, el 83.11% y el pasante fue de 30g (6.56%). Se concluye que el suelo es no plástico debido a que no tiene límites de atterberg y la clasificación según la SUCS es SP.

Contenido de humedad Talud No. 2

El contenido de humedad se establece para el estrato 1 y estrato 2 del talud número 2.

En la tabla 51, se precisan los resultados de la prueba de contenido de humedad del estrato 1 del talud No. 2.

Tabla 51. Contenido de humedad estrato 1 talud No. 2

MUESTRA 1		MUESTRA 2		MUESTRA 3	
W_{TARA} (g)	39,2	W_{TARA} (g)	42,1	W_{TARA} (g)	38,3
W_{TARA}+W_{HUMEDO} (g)	67,2	W_{TARA}+W_{HUMEDO} (g)	74,5	W_{TARA}+W_{HUMEDO} (g)	70,6
W_{TARA}+W_{SECO} (g)	63,9	W_{TARA}+W_{SECO} (g)	70,2	W_{TARA}+W_{SECO} (g)	66,2
W_{HUMEDO} (g)	28	W_{HUMEDO} (g)	32,4	W_{HUMEDO} (g)	32,3
W_{SECO} (g)	24,7	W_{SECO} (g)	28,1	W_{SECO} (g)	27,9
%ω	13,36%	%ω	15,30%	%ω	15,77%
%ω		14,81%			

Fuente: Los autores

En la tabla 52, se presentan los resultados de la prueba de contenido de humedad del estrato 2 del talud No. 2.

Tabla 52. Contenido de humedad estrato 2 talud No. 2

VARIABLE	VALOR
W_{TARA} (g)	69,12
W_{TARA}+W_{HUMEDO} (g)	183,15
W_{TARA}+W_{SECO} (g)	176,7
W_{HUMEDO} (g)	114,03
W_{SECO} (g)	107,58
%ω	6,00%

Fuente: Los autores

El contenido de humedad del suelo obtuvo un valor 6%.

Límites de atterberg Talud No. 2

Estrato 1 y 2: Al material del talud número 1, no fue posible encontrarle el límite líquido y plástico, toda vez que al momento de hacer el ensayo de límite plástico el suelo se desliza por la cazuela en menos de 25 golpes, lo que lleva a concluir que no es apto para este laboratorio (Norma E-125, pág. 5), igualmente no se le puede encontrar el límite plástico dado que al momento de hacer los rollos, el suelo se desmorona y no se deja moldear, por estas razones el material no permite establecer los límites.

Gravedad específica Talud No. 2

Se determinó la gravedad específica para el estrato 1 y 2.

Gravedad específica estrato 1 del talud número 2:

Gs : 0.617

En la tabla 53 se presentan los resultados de estrato uno del talud número 2.

Tabla 53. Gravedad específica estrato 1 talud No. 2

VARIABLE	VALOR
$W_{\text{PICNOMETRO VACIO}}$	88,7
$W_{\text{PICNOMETRO +AGUA (Wa)}}$	332,6
W_{TARA}	122,2
$W_{\text{PICNOMETRO+AGUA+SUELO (wb)}}$	385,7
T°	25
$W_{\text{TARA+SUELO SECO}}$	206,3
$W_{\text{SUELO SECO (Ws)}}$	84,1
Factor K	0,99884

Fuente: Los autores

Gravedad específica estrato 2 del talud número 2:

Gs : 0.61

En la tabla 54 se presentan los resultados de estrato dos del talud número 2.

Tabla 54. Gravedad específica estrato 2 talud No. 2

VARIABLE	VALOR
$W_{\text{PICNOMETRO VACIO}}$	88,7
$W_{\text{PICNOMETRO +AGUA (Wa)}}$	332,6
W_{TARA}	127,2
$W_{\text{PICNOMETRO+AGUA+SUELO (wb)}}$	365
T°	26
$W_{\text{TARA+SUELO SECO}}$	179,1
$W_{\text{SUELO SECO (Ws)}}$	51,9
Factor K	0,9986

Fuente: Los autores

6.2.3.3 Pruebas de laboratorio Talud No. 3

Contenido de humedad Talud No. 3

En la tabla 55, se presentan los resultados de la prueba de contenido de humedad del talud No. 3.

Tabla 55. Contenido de humedad talud No. 3

VARIABLE	VALOR
$W_{\text{TARA}} \quad (\text{g})$	66,78
$W_{\text{TARA}+W_{\text{HUMEDO}}} \quad (\text{g})$	162,72
$W_{\text{TARA}+W_{\text{SECO}}} \quad (\text{g})$	127,8
$W_{\text{HUMEDO}} \quad (\text{g})$	95,94
$W_{\text{SECO}} \quad (\text{g})$	61,02

VARIABLE	VALOR
% ω	57,23%

Fuente: Los autores

Límites de attenberg Talud No. 3

En la tabla 56, se detallan los resultados del límite líquido del talud No. 3.

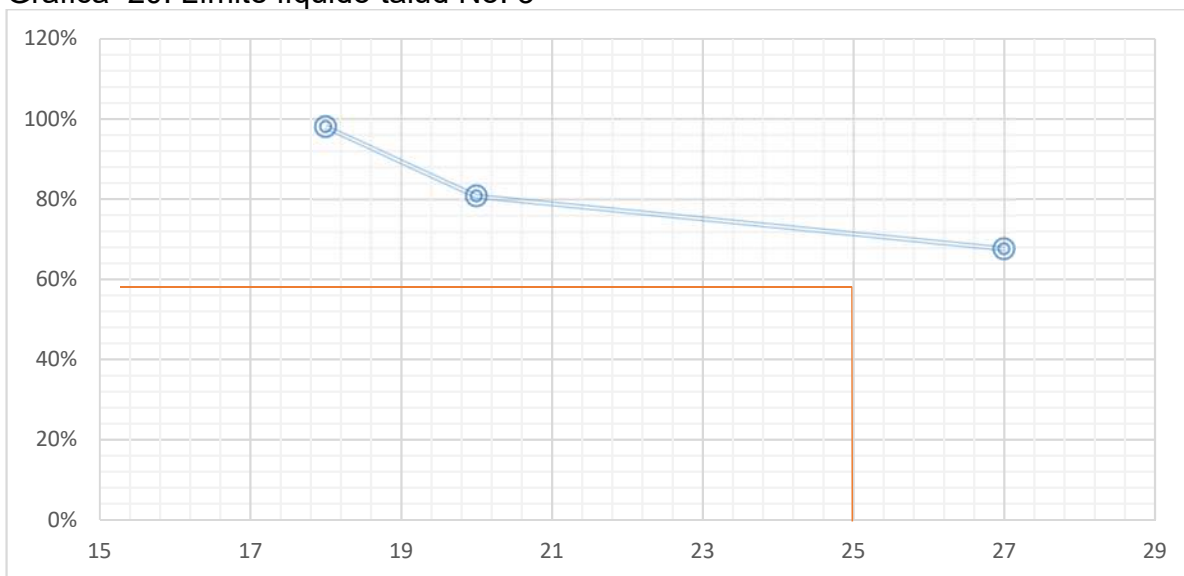
Tabla 56. Límite líquido talud No. 3

N° golpes	W_{TARA} (g)	$W_{TARA}+W_{HUMEDO}$ (g)	$W_{TARA}+W_{SECO}$ (g)	% ω
18	39,02	56,4	47,8	98%
20	37,72	55,4	47,5	81%
27	38,15	59,2	50,7	68%

Fuente: Los autores

En la gráfica 20, se observan los resultados del límite líquido.

Gráfica 20. Límite líquido talud No. 3



Fuente: Los autores

En la tabla 57, se precisan los resultados del límite plástico del talud No. 3.

Tabla 57. Límite plástico talud No. 3

W_{TARA} (g)	$W_{TARA}+W_{HUMEDO}$ (g)	$W_{TARA}+W_{SECO}$ (g)	% ω	Límite plástico
39,3	44,3	42,8	43%	45%
42,3	47,3	45,7	47%	
42,3	47,4	45,8	46%	

Fuente: Los autores

LL : 72%

IP : 27% Al tener un índice de plasticidad mayor a 25% el suelo es de alta plasticidad.

Según los datos obtenidos del laboratorio de límites de atterberg y utilizando la carta de plasticidad se establece que el suelo que conforma el talud No 3 es un limo de alta compresibilidad (MH)

Gravedad específica Talud No. 3

Gs: 0.61

En la tabla 58 se presenta los resultados de estrato del talud número 3.

Tabla 58. Gravedad específica estrato único talud No. 3

VARIABLE	VALOR
$W_{PICNOMETRO\ VACIO}$	88,7
$W_{PICNOMETRO\ +AGUA\ (W_a)}$	332,6
W_{TARA}	119,9
$W_{PICNOMETRO+AGUA+SUELO\ (w_b)}$	343,8
T°	26
$W_{TARA+SUELO\ SECO}$	137,4

$W_{\text{SUELO SECO}} (W_s)$	17,5
Factor K	0,9986

Fuente: Los autores

6.2.3.4 Pruebas de laboratorio Talud No. 4

Granulometría Talud No. 4 – Estrato 1

El peso total de la muestra para este ensayo fue de 360.6 gramos. En la tabla 59, se detallan los resultados de las pruebas de laboratorio.

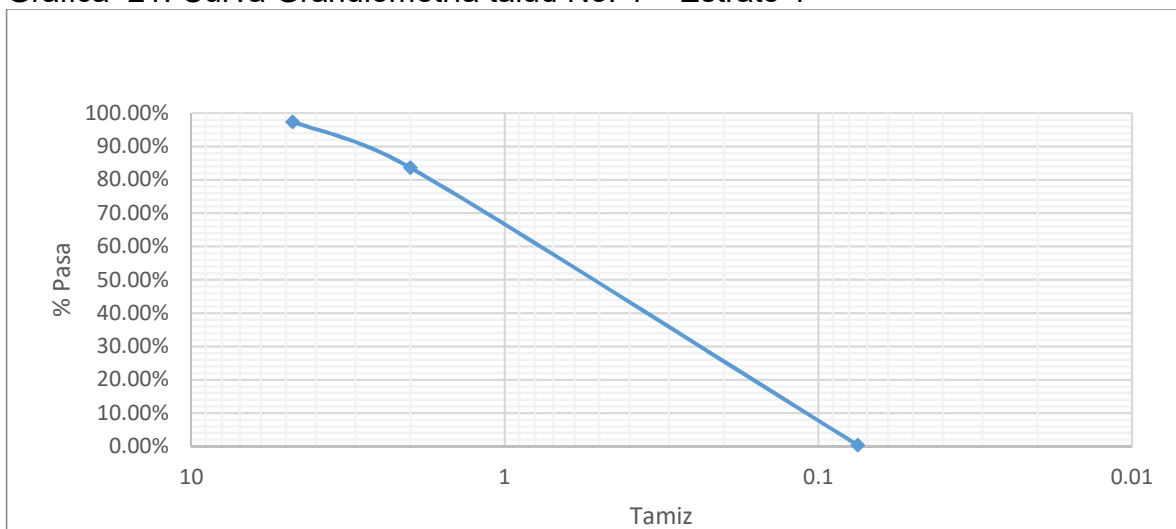
Tabla 59. Granulometría talud No. 4 – Estrato 1

Datos obtenidos en el laboratorio			%retenido	% Retenido acumulado	% Pasa
Tamiz	Diámetro (mm)	Peso retenido (g)			
N°4	4,75	9,3	2,58%	2,58%	97,42%
N°10	2	49,8	13,81%	16,39%	83,61%
N°200	0,075	300	83,19%	99,58%	0,42%
Fondo		1,5	0,42%	100%	0%
Σ		360,6			

Fuente: Los autores

En la gráfica 21, se aprecia la curva de granulometría del talud número 4, estrato 1.

Gráfica 21. Curva Granulometría talud No. 4 – Estrato 1



Fuente: Los autores

En la tabla 60, se detallan los resultados del coeficiente de uniformidad y curvatura del talud N° 4, estrato 1.

Tabla 60. Coeficientes uniformidad y curvatura talud No. 4 – Estrato 1

Coeficiente	Valor
D10=	0,12
D30=	0,22
D60=	0,8
Cu=	6,67
Cc=	0,50

Fuente: Los autores

El coeficiente de uniformidad muestra que el suelo tratado en el laboratorio no es uniforme y los resultados del coeficiente de curvatura señalan que el suelo es mal gradado.

En el tamiz N°4 quedaron retenidos 9.3 g, esto es un 2.58% de la muestra, el pasante de este tamiz respecto al total del material fue de 97.42%, indicando que el suelo es una arena. Al analizar el siguiente tamiz, número 10 se obtuvo que el peso retenido fue de 49.8g (13.81%), el pasante respecto al total del material en este tamiz fue de 83.61%, señalando que el material es una arena fina, en el tamiz N°200 el peso retenido fue de 300g lo cual equivale al 83.19% de la muestra y en el fondo quedo el 0.42% de la muestra (1.5g)

E suelo es no plástico debido a que no tiene límites de attenberg y la clasificación según la SUCS es SP

Granulometría Talud No. 4 – Estrato 2

El peso total de la muestra para este ensayo fue de 350.5 gramos. En la tabla 61, se detallan los resultados de las pruebas de laboratorio.

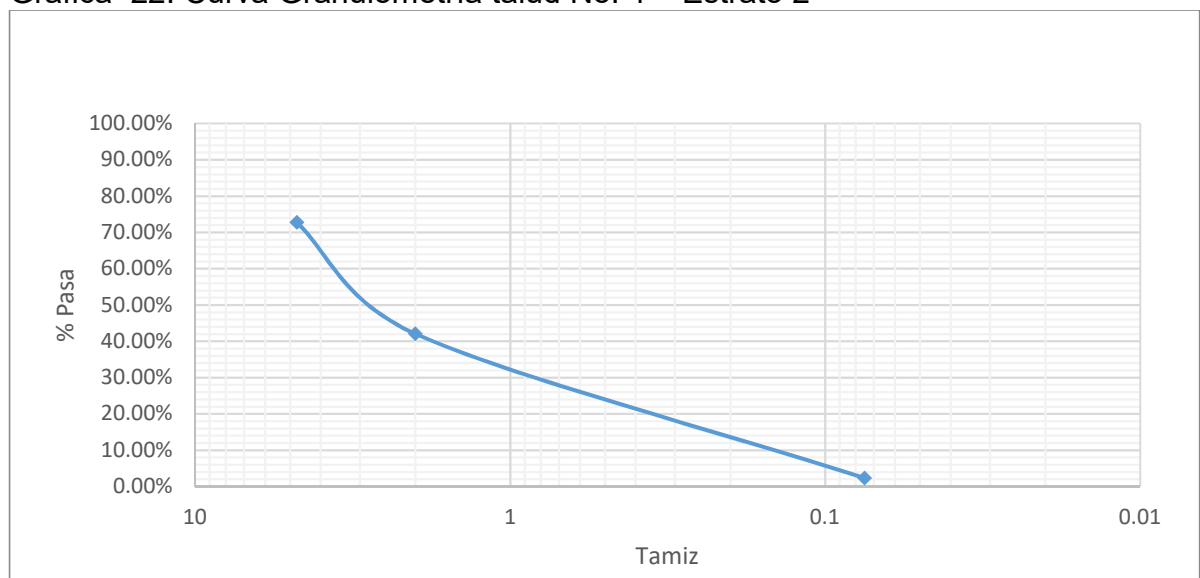
Tabla 61. Granulometría talud No. 4 – Estrato 2

Datos obtenidos en el laboratorio			%retenido	% Retenido acumulado	% Pasa
Tamiz	Diámetro (mm)	Peso retenido (g)			
N°4	4,75	95,6	27,28%	27,28%	72,72%
N°10	2	107,4	30,64%	57,92%	42,08%
N°200	0,075	139,4	39,77%	97,69%	2,31%
Fondo		8,1	2,31%	100%	0%
Σ		350,5			

Fuente: Los autores

En la gráfica 22, se observa la curva de granulometría del talud número 4, estrato 2.

Gráfica 22. Curva Granulometría talud No. 4 – Estrato 2



Fuente: Los autores

En la tabla 62, se precisan los resultados de los coeficientes de uniformidad y curvatura del talud No. 4, estrato 2.

Tabla 62. Coeficientes de uniformidad y curvatura talud No. 4 – Estrato 2

Coeficiente	Valor
D10=	0,15
D30=	0,9
D60=	3,6
Cu=	24,00
Cc=	1,50

Fuente: Los autores

El coeficiente de uniformidad muestra que el suelo tratado en el laboratorio no es uniforme y los resultados del coeficiente de curvatura señalan que el suelo es mal gradado.

En el tamiz N°4 quedaron retenidos 95.6g lo cual equivale al 27.28% y el pasante en ese tamiz respecto al total del material fue de 72.72% lo cual indica que el suelo es una arena. Siguiendo con el análisis en el tamiz N°10, el peso retenido fue de 107.4g (30.64%) y el pasante en el tamiz N°10 respecto al total del material fue de 42.08%, lo que significa que el retenido hasta ese tamiz es de 57.92% e indica que el material es una arena media; el tamiz N°200 muestra que quedaron 139.4g (39.77%) y el pasante en ese tamiz respecto al total del material fue de 2.31%.

El suelo es no plástico debido a que no tiene límites de atterberg y la clasificación según la SUCS es SP.

Contenido de humedad Talud No. 4

El contenido de humedad se establece para el estrato 1 y estrato 2 del talud número 4.

En la tabla 63, se precisan los resultados de la prueba de contenido de humedad del estrato 1 del talud No. 4.

Tabla 63. Contenido de humedad estrato 1 talud No. 4

MUESTRA 1		MUESTRA 2		MUESTRA 3	
W_{TARA} (g)	39,2	W_{TARA} (g)	42,32	W_{TARA} (g)	37,04
W_{TARA}+W_{HUMEDO} (g)	86,58	W_{TARA}+W_{HUMEDO} (g)	87,08	W_{TARA}+W_{HUMEDO} (g)	83,07
W_{TARA}+W_{SECO} (g)	82,92	W_{TARA}+W_{SECO} (g)	84,06	W_{TARA}+W_{SECO} (g)	79,62
W_{HUMEDO} (g)	47,38	W_{HUMEDO} (g)	44,76	W_{HUMEDO} (g)	46,03
W_{SECO} (g)	43,72	W_{SECO} (g)	41,74	W_{SECO} (g)	42,58
%ω	8,37%	%ω	7,24%	%ω	8,10%
%ω		7,90%			

Fuente: Los autores

En la tabla 64, se presentan los resultados de la prueba de contenido de humedad del estrato 2 del talud No. 4.

Tabla 64. Contenido de humedad estrato 2 talud No. 4

MUESTRA 1		MUESTRA 2		MUESTRA 3	
W_{TARA} (g)	39,43	W_{TARA} (g)	39,24	W_{TARA} (g)	42,66
W_{TARA}+W_{HUMEDO} (g)	115	W_{TARA}+W_{HUMEDO} (g)	124,38	W_{TARA}+W_{HUMEDO} (g)	116,73

MUESTRA 1		MUESTRA 2		MUESTRA 3	
W_{TARA+W_{SECO}} (g)	110,77	W_{TARA+W_{SECO}} (g)	119,37	W_{TARA+W_{SECO}} (g)	111,19
W_{HUMEDO} (g)	75,57	W_{HUMEDO} (g)	85,14	W_{HUMEDO} (g)	74,07
W_{SECO} (g)	71,34	W_{SECO} (g)	80,13	W_{SECO} (g)	68,53
%ω	5,93%	%ω	6,25%	%ω	8,08%
%ω		6,76%			

Fuente: Los autores

Límites de atterberg Talud No. 4

Estrato 1: Al material del talud número 1, no fue posible encontrarle el límite líquido y plástico, toda vez que al momento de hacer el ensayo de límite plástico el suelo se desliza por la cazuela en menos de 25 golpes, lo que lleva a concluir que no es apto para este laboratorio (Norma E-125, pág. 5), igualmente no se le puede encontrar el límite plástico dado que al momento de hacer los rollos, el suelo se desmorona y no se deja moldear, por estas razones el material no permite establecer los límites.

A la muestra del estrato 2, se estableció límite líquido, en la tabla 65 se precisan los resultados.

Tabla 65. Límite líquido estrato 2 talud No. 4

N° Golpes	W _{TARA} (g)	W _{TARA+W_{HUMEDO}} (g)	W _{TARA+W_{SECO}} (g)	%ω
22	42,2	93,8	85,11	20%
31	38,4	116,9	104,1	19%
35	39,4	99	91	16%

Gravedad específica Talud No. 4

Se determinó la gravedad específica para el estrato 1 y 2.

Gravedad específica estrato 1 del talud número 4:

Gs : 0.56

En la tabla 66 se presentan los resultados de estrato uno del talud número 4.

Tabla 66. Gravedad específica estrato 1 talud No. 4

VARIABLE	VALOR
$W_{\text{PICNOMETRO VACIO}}$	88,7
$W_{\text{PICNOMETRO +AGUA (Wa)}}$	332,6
W_{TARA}	111,1
$W_{\text{PICNOMETRO+AGUA+SUELO (wb)}}$	341,3
T°	25
$W_{\text{TARA+SUELO SECO}}$	124,5
$W_{\text{SUELO SECO (Ws)}}$	13,4
Factor K	0,99884

Fuente: Los autores

Gravedad específica estrato 2 del talud número 4:

Gs : 0.614

En la tabla 67 se presentan los resultados de estrato dos del talud número 4.

Tabla 67. Gravedad específica estrato 2 talud No. 4

VARIABLE	VALOR
$W_{\text{PICNOMETRO VACIO-}}$	88,7
$W_{\text{PICNOMETRO +AGUA (Wa)}}$	332,6
W_{TARA}	130

VARIABLE	VALOR
$W_{\text{PICNOMETRO+AGUA+SUELO (wb)}}$	371,8
T°	26
$W_{\text{TARA+SUELO SECO}}$	192,7
$W_{\text{SUELO SECO (Ws)}}$	62,7
Factor K	0,9986

Fuente: Los autores

Los resultados obtenidos en los análisis de laboratorio de estabilidad de los taludes, se analizaron para estructurar la matriz de vulnerabilidad de 0 a 1, definiendo menor o igual a 0.33 como vulnerabilidad alta, mayor a 0.34 y menor o igual a 0.66 como media, mayor a 0.66 como baja, igual a 1 no existe vulnerabilidad.

En la tabla 68 se presenta la matriz de amenazas y vulnerabilidad taludes, en la cual se observa el tipo de material, clasificación SUCS, pendiente, estratos del talud, contenido de humedad, las observaciones y la clasificación de vulnerabilidad en alto, media o baja.

Tabla 68. Matriz de amenazas y vulnerabilidad taludes

Talud	Tipo material	Clasificación SUCS	Pendiente	Estratos del talud	Contenido de humedad		Observaciones	Vulnerabilidad de 0 a 1 (menor o igual a 0.33 alto ;mayor o igual a 0.66 medio, mayor a 0.66 bajo; igual a 1 no existe vulnerabilidad)		
					Estrato 1	Estrato 2		% total del elemento	% real	Nivel de vulnerab ilidad

1	Arena	SP	75°	1	16,56%	NA	Este talud está compuesto por un suelo cohesivo, su cara libre carece de material vegetal, tiene una pendiente alta, se puede observar descascamiento de la cara libre, una vivienda se encuentra a pocos metros de la cresta mas no se verá afectada significativamente en caso de deslizamiento	25%	22%	BAJO
2	Arena	SP	82°	2	14,81%	6%	Este talud cuenta con 2 estratos, los dos se clasifican según la SUCS como SP, una vivienda se encuentra a pocos metros del frente de la cara libre talud, al igual que en el talud 1 en caso de deslizamiento este no verá afectado en su estructura, la cara libre carece de materia vegetal, Es el talud con la mayor pendiente.	25%	20%	BAJO
3	Limo	MH	53°	1	57,23%	NA	Este talud tiene un solo estrato, cerca de él no se encuentran viviendas, es el talud que más material fino (Limo de alta compresibilidad) contiene, lo cual se evidencio en el ensayo de límites de atterberg, su cara libre está totalmente cubierta por material vegetal.	25%	23%	BAJO
4	Arena	SP	78°		7,90%	6,76%	Este talud es conformado por dos estratos los cuales con catalogados como SP, cerca de el no se encuentran viviendas cercas, lo que disminuye la vulnerabilidad de este talud, tiene una pendiente alta y su cara libre no está cubierta por material vegetal	25%	22%	BAJO
								100%	87%	BAJO

Fuente: Los autores

La vulnerabilidad de los taludes es baja, de presentarse algún deslizamiento significativo la comunidad no se verá afectada en su seguridad, economía, cultura y sociabilidad.

La pendiente de los taludes 1, 2 y 4 es elevada, la cual en cualquier momento pone en riesgo la estabilidad del talud más no aumenta la vulnerabilidad hacia las personas.

El talud con mayor contenido de humedad es el número 3, debido a que es el único que tiene zona vegetal, lo cual ocasiona mayor contenido de humedad y mejora la estabilidad.

Los taludes están compuestos por un material cohesivo lo que aumenta la estabilidad del talud.

El talud número 3 es el único que permitió hacer el ensayo de límites de atterberg ya que el talud está compuesto por material fino, lo cual hace posible la ejecución de dicho ensayo.

El contenido de humedad que tienen los taludes número 1, 2 y 4, tiende a ser preocupante, debido a que al estar tan seco puede tener erosión lo que llegaría a causar que el talud poco a poco se vaya desprendiendo.

Los taludes analizados en este documento son taludes naturales, ya que el hombre no ha realizado algún tipo de trabajo en estos.

Acciones a seguir

Se sugiere la instalación de zanjas colectoras que recojan los escurrimientos superficiales que el talud llegue a tener, conduciéndolos óptimamente hasta llevarlos a una fuente específica, además realizar cubrimiento vegetal a los taludes que lo requieren en su cara libre, de esta forma se mejorara el comportamiento hidráulico y mecánico de los mismos, aunado a una mayor calidad ambiental en la zona.

El cambio de geometría en estos taludes, es una opción que se debe tener en cuenta para mejorar su estabilidad, el ángulo de inclinación que tienen es alto, lo cual lo hace más propenso a un deslizamiento, al disminuir este ángulo el talud se hace más estable.

6.2.4 Amenazas y vulnerabilidades del agua potable y saneamiento básico

6.2.4.1 Amenazas y vulnerabilidades planta de tratamiento de aguas

En la tabla 69 se presenta la matriz de amenazas y vulnerabilidad de la planta de tratamiento de aguas, en la cual se detalla la estructura, el material, las fisuras, grietas, ancho, tipo de grieta o fisura, oxidación, observaciones y se evalúa la vulnerabilidad en nivel alto, media o baja.

Tabla 69. Matriz de amenazas y vulnerabilidad planta de tratamiento de agua

Estructura	Material	Fisuras	Grietas	Ancho max.(mm)	Tipo de grieta o fisura	Refuerzo	Oxidación refuerzo	Observaciones	Vulnerabilidad		
									% del elem ento	%re al del elem ento	Nivel de vulnerabi lidad
Desarenadores	Concreto reforzado	X	No	0,5	Ligera	Si	No	No es posible realizar inspección al refuerzo de los desarenadores, ya que se encuentra completamente cubierto por el concreto.	10	8	Baja
Canal de aforo y coagulador	Muros confinados	No	No			Si	No	Ninguno de los canales presenta daños significativos estructurales, no se evidencian fisuras, ni grietas, solo algunos desportillamientos de baja severidad en algunos extremos de los muros	20	18	Baja
Floculadores	Concreto reforzado	X	X	5	Moderada	Si	Si	Se evidencia desgaste en el concreto de los muros. Se observa que hay parte del refuerzo que se encuentra expuesto y por tanto se ha oxidado, lo que podría indicar que quizás gran parte del refuerzo o en su total ha sido contaminado por la oxidación y esto hace el daño más severo.	20	12	Media-

Estructura	Material	Fisuras	Grietas	Ancho max(mm)	Tipo de grieta o fisura	Refuerzo	Oxidación refuerzo	Observaciones	Vulnerabilidad		
									% del elem ento	%re al del elem ento	Nivel de vulnerabi lidad
Sedimentadores	Concreto reforzado	X	No	1	Ligera	Si	No	No se evidencias problemas de oxidación del acero ni del concreto, posiblemente porque estos tanques se encuentran cubiertos por tela media sombra para proteger el agua del crecimiento de algas.	20	18	Baja
Filtro	Concreto reforzado	X	X	5	Moderada	Si	Si	Puede verse cierta oxidación en el concreto de los muros la cual puede ser producida debido a la oxidación interna del acero de refuerzo	10	13	Media
Tanques de almacenamiento	Concreto reforzado	No se logró analizar	No se logró analizar			Si	no se logro analizar	Los tanques de almacenamiento no se lograron inspeccionar debido a que se encuentran bajo tierra por lo que su acceso no es posible. Están cubiertos con losas de concreto empujadas en la superficie, visualmente en la superficie no se evidencian hundimientos, ni grietas que puedan ser severas.	20	10	No evaluado
TOTAL EVALUACIÓN DE VULNERABILIDAD (0 a 33 ALTA, 34 a 66 MEDIA, de 67 a 100 BAJA)									100	79	Baja

Fuente: Los autores

Se realizó la inspección visual de la estructura de la planta de tratamiento ACUAVALLE en el municipio de Ansermanuevo, la cual provee agua a toda la parte urbana del municipio y algunos corregimientos, entre ellos Gramalote. Esta inspección se realizó con el fin de evaluar visualmente como se encuentra la planta y cuál es su vulnerabilidad respecto a un sismo, esta inspección se hizo de manera superficial debido a que todos los tanques y canales se encuentran incorporados en el suelo.

La planta de tratamiento fue construida en 1977, su periodo de diseño era inicialmente a 20 años, pero después de 1999 la planta siguió en funcionamiento, realizándole algunas modificaciones que hicieran que esta se adoptará de tal manera que pudiera abastecer la población Ansermanuevo y del mismo modo siguiera siendo una estructura segura tanto en su servicio y funcionalidad como en su parte estructural.

En la inspección realizada, se encontró que toda la planta se encuentra construida en concreto reforzado, tanto la zona de oficina, como la zona de procesos, cuenta con una oficina de 4 metros de ancho por 6 metros de fondo, la inspección se enfocó en la zona de procesos.

Desarenadores: los tanques desarenadores están contruidos en concreto reforzado, superficialmente el concreto no presenta grietas importantes, se observan algunas fisuras donde la de mayor espesor es de 0.5mm. No es posible realizar inspección al refuerzo, dado que se encuentra completamente cubierto por el concreto.

Conducción desde la fuente hasta la planta: la tubería de conducción está construida principalmente en asbesto-cemento de 12", teniendo tramos en PVC del mismo diámetro, la tubería visualmente se encuentra en buen estado, no se evidencia fugas de agua, pero cabe destacar que en ocasiones en temporada de fuertes precipitaciones los derrumbes causan daños significativos en la tubería, por lo cual es necesario parar el flujo de agua y el servicio es suspendido mientras se realizan las reparaciones pertinentes.

En la figura 11 se observa la entrada del agua a la planta.

Figura 11. Entrada del agua a la planta

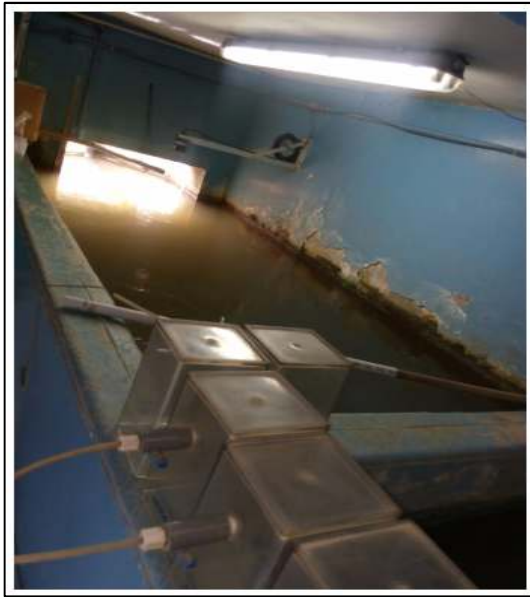


Fuente: Los autores

Canal de aforo y coagulador: estos dos canales están contruidos con muros confinados con columnas en las esquinas, ninguno de los canales presenta daños significativos estructurales, no se evidencian fisuras, ni grietas, solo algunos desportillamientos de baja severidad en algunos extremos de los muros.

En la figura 12 se aprecia en canal de aforo.

Figura 12. Canal de aforo



Fuente: Los autores

En la figura 13 se detalla el coagulante (sulfato de aluminio).

Figura 13. Coagulante



Fuente: Los autores

En la figura 14 se aprecia el coagulador.

Figura 14. Coagulador



Fuente: Los autores

Floculadores: en el concreto de los muros de los floculadores externamente se evidencia desgaste, lo cual puede ser por el contacto directo del hormigón por el sulfato de aluminio utilizado como coagulante y también el contacto constante con el agua hace que la portlandita y cal libre de la matriz de cemento se lave, produciendo cierto desgaste.

Se observan grietas de diferentes espesores en los muros, el máximo espesor encontrado es de 5 mm, es decir que son grietas moderadas a simple vista, más cuando se evalúa el refuerzo del tanque, se observa que hay parte de este, que se encuentra expuesto y por tanto se ha oxidado, lo que podría indicar que gran parte del refuerzo o en su totalidad ha sido contaminado por la oxidación, esto hace el daño más severo, toda vez que el refuerzo oxidado pierde parte de su resistencia, además la oxidación causa que el área efectiva del acero disminuya y pueda causar desprendimiento del concreto con el acero.

Los tanques floculadores cuentan con láminas de acero que son las que dividen el flujo de agua y permiten su circulación con la velocidad requerida, estas láminas se encuentran muy oxidadas debido a su exposición constante con el agua y a la intemperie, esto no es de mucha importancia dado que estas laminas no son estructurales.

El floculador se aprecia en la figura 15.

Figura 15. Floculador



Fuente: Los autores

Sedimentadores: no se evidencian problemas de oxidación del acero ni del concreto, posiblemente porque estos tanques se encuentran cubiertos por tela media sombra para proteger el agua del crecimiento de algas. Se evidencian fisuras ligeras de 1 mm aproximadamente en los muros de concreto.

El sedimentador se observa en la figura 16.

Figura 16. Sedimentador



Fuente: Los autores

Filtro: en los muros de los filtros se observa una fuerte erosión que ha causado múltiples grietas de 5mm aproximadamente. También puede verse cierta oxidación en el concreto, la cual puede ser producida debido a la oxidación interna del acero de refuerzo.

En la figura 17 se aprecia el filtro y el interior del filtro.

Figura 17. Filtro



Fuente: Los autores

Tanques de almacenamiento: los tanques de almacenamiento no se lograron inspeccionar debido a que se encuentran bajo tierra, por lo que su acceso no es

posible. Están cubiertos con losas de concreto empradisadas en la superficie, visualmente no se evidencian hundimientos, ni grietas que puedan ser severas.

En general la planta de tratamiento ACUAVALLE no presenta daños severos en la estructura de sus tanques, las fisuras y grietas encontradas en los elementos son de severidad baja, cabe resaltar que los floculadores son los que presentan mayores daños debido a la oxidación de su refuerzo.

En la figura 18 se observan los tanques de almacenamiento, la foto del margen izquierdo pertenece al tanque número 1, la foto del margen derecho al tanque 2 y 3.

Figura 18. Tanques de almacenamiento



Fuente: Los autores

Acciones a seguir

Se recomienda realizar las reparaciones de las fisuras y grietas encontradas, para evitar que estas se hagan más severas y descartar que se puedan generar infiltraciones en el terreno, cambiando las condiciones de soporte del suelo y convirtiéndose en una gran amenaza para la comunidad de Ansermanuevo.

Debe realizarse una revisión específica del acero de refuerzo de las estructuras debido a la oxidación que se logra visualizar para conocer exactamente qué tanto se ha afectado su resistencia.

6.2.4.2 Amenazas y vulnerabilidades planta de tratamiento de aguas residuales

Se realizó evaluación de la planta de tratamiento de aguas residuales a nivel estructural y ambiental.

Evaluación estructural PTAR

En la tabla 70 se describen los criterios de evaluación para el componente estructural de la planta de tratamiento de aguas residuales.

Tabla 70. Criterios de evaluación estructural PTAR

Valor para cada parte de la estructura	12,50%
Material	2,08%
Fisuras	2,08%
Grietas	2,08%
Tipo de grieta o fisura	2,08%
Refuerzo	2,08%
Oxidación refuerzo	2,08%
No fue posible la evaluación	N.E
No aplica	N.A

Material	
No cumple	2
Cumple	1
N.E/N.A	0
Fisuras	
Presenta	2
No presenta	1
N.E/N.A	0
Grietas	
Presenta	2
No presenta	1
N.E/N.A	0
Tipo de grieta o fisura	
Severa	3
Moderada	2
Ligera	1
N.E/N.A	0
Refuerzo	
No presenta	2

	Presenta	1
	N.E/N.A	0
	Oxidación refuerzo	
	Presenta	2
	No presenta	1
	N.E/N.A	0

Fuente: Los autores

En la tabla 71, se presentan los resultados de la inspección visual de la estructura de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales.

Tabla 71. Inspección visual de la estructura de la PTAR

Estructura	Material	Observaciones
Estructura de separación	concreto reforzado	No es posible realizar inspección al refuerzo de la estructura de separación, dado que se encuentra completamente cubierto por el concreto.
Desarenador	muros confinados	No es posible realizar inspección al refuerzo del desarenador, además de las fisuras presenta destornillamientos de baja severidad en algunos extremos de los muros
Rejilla gruesa	Barras 6mm	Se evidencia oxidación en el refuerzo
Caja repartidora de caudales	concreto reforzado	No se evidencias problemas de oxidación del acero ni del concreto, posiblemente porque estos tanques se encuentran cubiertos
Tanque séptico		No se pudo evaluar la oxidación del acero.
Filtro Anaeróbico	concreto reforzado	Puede verse cierta oxidación en el concreto de los muros la cual puede ser producida debido a la oxidación interna del acero de refuerzo
Caja de inspección de salida	concreto reforzado	No se logró hacer la evaluación de la caja de inspección de salida, toda vez que pudo acceder a ésta, se conoció el material por un habitante antiguo de la vereda
Lechos de secado	Adobe	No se evaluó

Fuente: Los autores

En la tabla 72, se presenta la matriz de amenas y vulnerabilidad estructural planta de tratamiento de aguas residuales, calificando cada aspecto de la estructura según el material, fisura, grietas, tipo de grieta o fisura, refuerzo, oxidación de refuerzo y porcentaje de vulnerabilidad.

Tabla 72. Matriz de amenazas y vulnerabilidad estructural PTAR

Estructura	Material	Fisuras	Grietas	Tipo de grieta o fisura	Refuerzo	Oxidación refuerzo	Vulnerabilidad
Estructura de separación	1	2	1	1	1	0	6%
Desarenador	1	2	1	1	1	0	6%
Rejilla gruesa	1	0	0	0	0	2	3%
Caja repartidora de caudales	1	2	1	1	1	1	7%
Tanque séptico	1	2	1	1	1	0	6%
Filtro Anaeróbico	1	2	2	2	1	2	10%
Caja de inspección de salida	1	0	0	0	1	0	2%
Lechos de secado	1	1	1	1	2	0	6%

Fuente: Los autores

En la tabla 73, se detalla el nivel de vulnerabilidad estructural de la PTAR

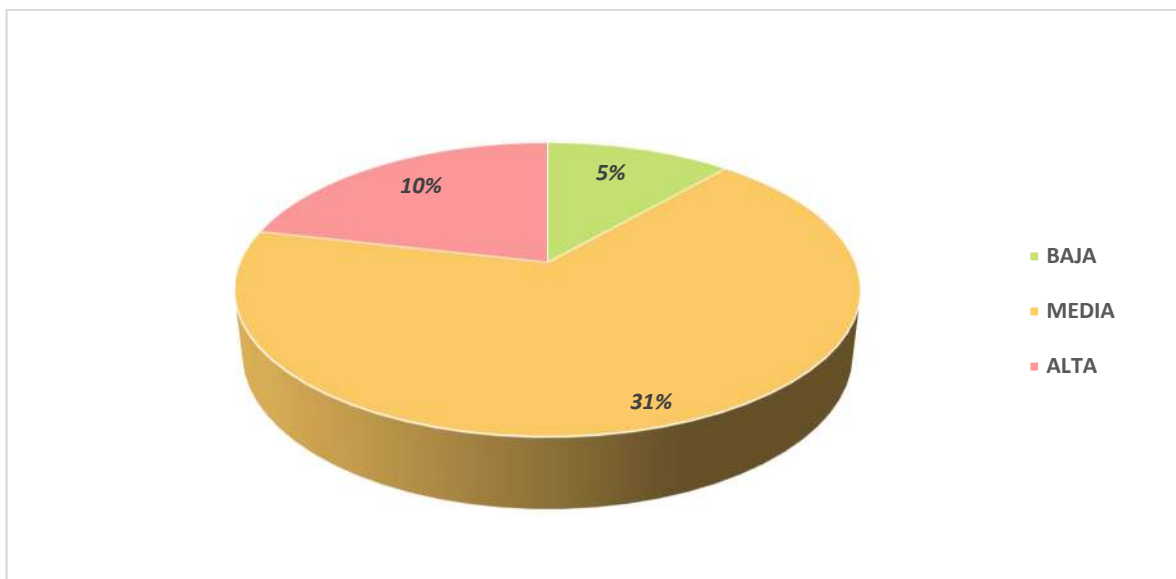
Tabla 73. Porcentaje de vulnerabilidad estructural PTAR

Tipo de vulnerabilidad	Porcentaje
BAJA	5%
MEDIA	31%
ALTA	10%

Fuente: Los autores

En la gráfica 23, se observa la vulnerabilidad estructural para cada nivel, alta, media y baja.

Gráfica 23. Vulnerabilidad estructural PTAR



Fuente: Los autores

Evaluación ambiental PTAR

En la tabla 74, se presenta la matriz de amenazas y vulnerabilidad ambiental de la planta de tratamiento de aguas residuales, calificando cada aspecto de la estructura, detallando si se encuentra en funcionamiento o el tiempo sin funcionar, observaciones y porcentaje de vulnerabilidad.

Tabla 74. Matriz de amenazas y vulnerabilidad ambiental PTAR

Estructura	Se encuentra en funcionamiento	Tiempo sin funcionar	Observaciones	Vulnerabilidad
Estructura de separación	SI	N.A		2,50%
Desarenador	SI	N.A		2,50%
Rejilla gruesa	SI	N.A		2,50%
Caja repartidora de caudales	SI	N.A		2,50%
Tanque séptico	SI	N.A		5,00%
Filtro Anaeróbico	NO	4 años	No funciona el filtro hace aproximadamente 4 años, este paso es muy	12,50%

Estructura	Se encuentra en funcionamiento	Tiempo sin funcionar	Observaciones	Vulnerabilidad
			importante, aquí se extraen los lodos más finos que van a los lechos de secado.	
Caja de inspección de salida	NO		Esta caja se encuentra en funcionamiento pero ya que el filtro no se encuentra en funcionamiento el agua que se descarga en la quebrada Toro, no está con el proceso adecuado.	7,50%
Lechos de secado	NO		Este lecho no funciona ya que los lechos que llegan aquí para ser secados no cumplen este paso porque el filtro anaeróbico no funciona.	12,50%

Fuente: Los autores

En la tabla 75, se detalla el nivel de vulnerabilidad ambiental.

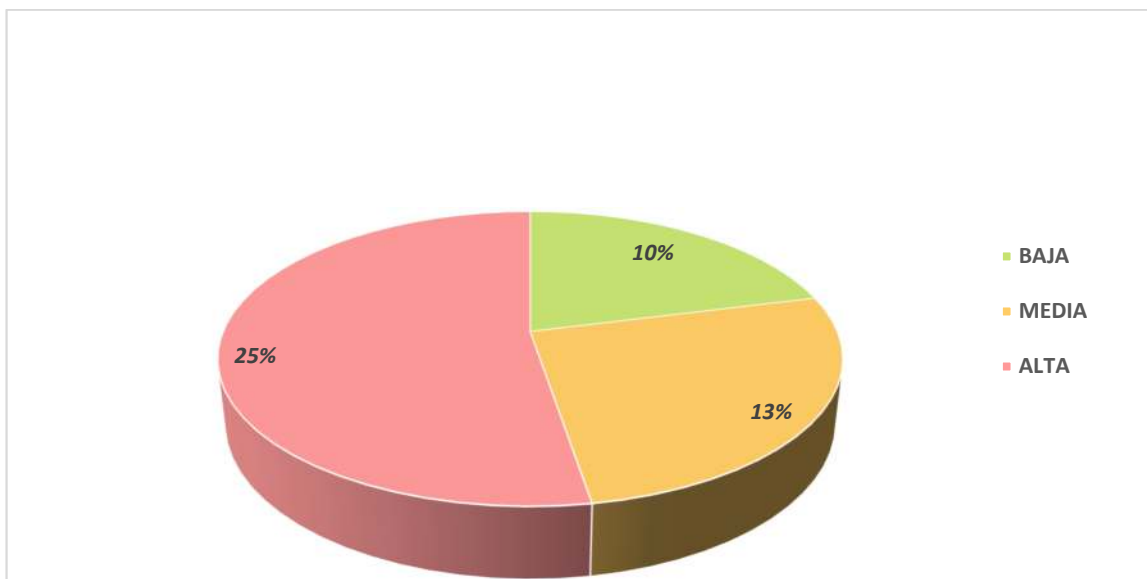
Tabla 75. Porcentaje de vulnerabilidad ambiental PTAR

Tipo de vulnerabilidad	Porcentaje
BAJA	10%
MEDIA	13%
ALTA	25%

Fuente: Los autores

En la gráfica 24, se aprecia la vulnerabilidad ambiental para cada nivel, alta, media y baja.

Gráfica 24. Vulnerabilidad ambiental PTAR



Fuente: Los autores

De acuerdo a la matriz de vulnerabilidad se concluye, que el 31% que conforma la parte estructural de la PTAR se encuentra en grado de vulnerabilidad media, el 10% en alto grado de vulnerabilidad, correspondiente al filtro anaeróbico, lo cual indica que esta planta de tratamiento no se encuentra en las condiciones más óptimas para su funcionamiento.

En el aspecto ambiental, la PTAR se encuentra en un grado de vulnerabilidad alto, esto se debe a que el filtro anaeróbico no funciona desde hace aproximadamente 4 años, este paso es muy importante, allí se extraen los lodos más finos que van a los lechos de secado.

En general la PTAR no presenta daños severos en la estructura de sus tanques, las fisuras y grietas encontradas en los elementos son de severidad baja, cabe resaltar que el filtro anaeróbico es el que presenta mayor daños, debido a que la bomba que extrae los lodos no funciona, por esta razón la vulnerabilidad ambiental es alta, el tratamiento que se le está dando a la aguas servidas no es el debido y la entrega del agua a la quebrada el Toro no está cumpliendo a cabalidad con la eliminación

de contaminantes físicos, químicos y biológicos presentes en el agua efluente del uso humano.

Acciones a seguir

La estructura de la PTAR, requiere una reparación de las fisuras y grietas encontradas, para evitar que se hagan más severas, descartando que se puedan generar infiltraciones en el terreno, las cuales cambiarían las condiciones de soporte del suelo, convirtiéndose en una gran amenaza para la comunidad de Gramalote.

Se recomienda reemplazar lo más pronto posible la bomba del filtro anaeróbico, para que el tratamiento de las aguas servidas cumpla con los requerimientos ambientales.

Adicional a esto, en el sector, se encontraron varias viviendas que en su interior contienen cocheras de cerdos, estas aguas van directo a la PTAR sin ningún tratamiento previo, en reunión con el responsable del funcionamiento de la PTAR, se aclaró, que en la construcción no se planteó este tipo de necesidades, toda vez que no existían estas unidades productivas, además se debe considerar que la población ha crecido considerablemente.

7. CONCLUSIONES

De acuerdo al estudio realizado en el corregimiento de Gramalote en el Municipio de Ansermanuevo (Valle del Cauca) se concluye que:

El factor vivienda es el elemento más crítico dentro del corregimiento, dado que el 39.3% de las viviendas se encuentran en estado de vulnerabilidad alta, 27.9% se en vulnerabilidad media y 32.8% en vulnerabilidad baja. Dentro de las evaluaciones realizadas se observó que existían en la mayoría de viviendas combinaciones de sistemas y procesos constructivos no adecuados y a esto se le suma que las edificaciones son muy antiguas por lo tanto ninguna está diseñada ni construida bajo los criterios de la NSR 10, ni bajo ninguna norma sismo resistente.

El factor vivienda es el que mayor vulnerabilidad presenta en caso de ocurrencia de un sismo, debido al estado de las viviendas, las cuales en su mayoría presentan grietas en sus elementos estructurales, procesos constructivos inadecuados y vida útil ya caducada.

La red vial, principalmente el tramo urbano del corregimiento, debido al deterioro de la estructura del pavimento, la cual presenta múltiple daños que han sido evaluados de acuerdo al manual de inspección vial de pavimentos rígidos del instituto nacional de vías INVIAS, presenta un nivel de vulnerabilidad media.

Las vías de acceso no presentan vulnerabilidades altas, caso contrario al del tramo urbano del corregimiento, la cual se encuentra muy deteriorada. Tal condición hace que su servicio no sea el adecuado y se ha convertido en un factor de riesgo al interior del corregimiento debido a las grietas y daños que presenta en la estructura de pavimento.

Los taludes a pesar de que algunos presentan factores desfavorables como poca vegetación, no presentan índices de vulnerabilidad alta de acuerdo a la matriz de evaluación. Los taludes evaluados están compuestos de material fino. Tres de ellos presentan como textura dominante arenas finas de acuerdo a los resultados de granulometría y el talud sobrante es un limo de alta compresibilidad. Se concluye de acuerdo a lo evaluado, que en los taludes no se evidencian condiciones de inestabilidad crítica que demanden intervenciones puntuales, salvo aquellas derivadas de un adecuado proceso de mantenimiento y cuidado.

Los elementos de saneamiento básico con los que cuenta el corregimiento de Gramalote, según las matrices evaluadas, presentan vulnerabilidad estructural baja. En cuanto a la planta de tratamiento no existe riesgo alguno de sufrir un colapso en condiciones normales, por lo tanto la comunidad no presenta riesgo de interrupción del servicio. La PTAR estructuralmente tiene una vulnerabilidad baja, pero ambientalmente presenta vulnerabilidad alta, debido a que el tratamiento que se le realiza al agua residual antes de la descarga a la fuente hídrica no está siendo el adecuado, debido a la deficiencia en el funcionamiento del sistema anaerobio.

En general, la condición estructural de los elementos de saneamiento básico, presenta vulnerabilidad baja, razón por la cual ante la potencial ocurrencia de un evento amenazante, dichos componentes no se verán afectados significativamente.

En cuanto al servicio de la planta de tratamiento de agua potable, acorde con los elementos evaluados, no presenta vulnerabilidad alguna, hecho éste que garantiza una prestación continua del servicio.

Los taludes evaluados no representan riesgo para la comunidad, ya que estos se encuentran lejos de las zonas pobladas y no presentan signos de desestabilización importantes.

8. RECOMENDACIONES

Se recomienda realizarle a la vía las reparaciones pertinentes a los diferentes daños encontrados, con el estudio realizado se comprobó que se encuentra muy vulnerable. El corregimiento debe emprender la gestión de recursos para garantizar un adecuado mantenimiento de su red vial, disminuyendo así la actual vulnerabilidad de su malla vial (de acceso e interna).

Con respecto a las edificaciones se recomienda realizar un plan de mejoramiento de viviendas, con énfasis en su condición estructural, a través de las gestiones de las autoridades competentes. Es de vital importancia realizar las reparaciones y reforzamiento de la condición estructural de las viviendas, en caso de presentarse un sismo es muy probable que se presenten daños muy severos o el colapso de las viviendas.

No obstante la vulnerabilidad baja de los taludes evaluados, se recomienda restaurar la capa vegetal y realizar obras para el control de aguas superficiales como canales de evacuación de las aguas de escorrentía y el perfilado de algunos de ellos.

Debido a que la PTAR no se encuentra funcionando en su totalidad, es necesario que su sistema anaeróbico comience a funcionar para poder darle el manejo adecuado a las aguas servidas antes de hacer la descarga a la quebrada Toro. Este proceso es vital para que la entrega a la fuente hídrica se realice en las mejores condiciones ambientales.

La fuente de abastecimiento ACUAVALLE se encuentra en condiciones óptimas, pero es necesario estar pendiente de la estructura principal, donde se pudo apreciar que el acero presenta corrosión. Se recomienda adelantar el debido

recubrimiento o algún tipo de tratamiento que inhiba el deterioro progresivo de la estructura.

BIBLIOGRAFÍA

ALVAREZ, Leticia. Evaluación de la vulnerabilidad físico - estructural ante inundaciones de las viviendas del municipio de Patulul. [En línea] Universidad de San Carlos de Guatemala, 2014. [Citado el: 16 de Junio de 2017.] http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/02/02_3300.pdf.

ARBOLEDA, Carolina y FORERO, Eduardo. Identificación de riesgos en la red del acueducto Acuacombia del municipio de Pereira. [En línea] Universidad de Manizales , 2016. [Citado el: 26 de Junio de 2017.] http://ridum.umanizales.edu.co:8080/xmlui/bitstream/handle/6789/2883/Forero_Gonzalez_Eduardo_2016.pdf?sequence=1&isAllowed=y.

BERNAL, César *Metodología de la Investigación*. Bogotá : Pearson , 2010.

CENTRO DE INVESTIGACIÓN EN GESTIÓN INTEGRAL DEL RIESGO. Patologías de las estructuras. [En línea] 2009. [Citado el: 15 de Junio de 2017.] http://chacao.gob.ve/eduriesgo/vulnerabilidad_archivos/04_patologias_en_las_edificaciones.pdf.

COMITÉ DEPARTAMENTAL DE CAFETEROS DEL VALLE DEL CAUCA. *Arranque y puesta en marcha PTAR Gramalote*. Gramalote : Comité de Cafeteros del Valle, 2011.

CONGRESO DE COLOMBIA. Ley 1523 de 2012. [En línea] Congreso de Colombia, 2012. [Citado el: 5 de Junio de 2017.] <http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=47141>.

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN. Tipos y diseños de taludes. [En línea] Ingeniería Real, sf. [Citado el: 30 de Mayo de 2017.] <http://ingenieriareal.com/tipos-y-disenos-de-taludes/>.

EL COLOMBIANO. Estas son las cinco tragedias naturales más grandes en Colombia. [En línea] El Colombiano, 13 de Noviembre de 2015. [Citado el: 1 de Junio de 2017.] <http://www.elcolombiano.com/colombia/colombia-tragedias-mas-grandes-en-la-historia-IB3113864>.

ELIKAGAIEN, Nekazaritzako. Qué es la evaluación de riesgos . [En línea] Fundación Vasca, 2005. [Citado el: 15 de Junio de 2017.] <http://www.elika.eus/datos/articulos/Archivo139/13.Evaluacion%20de%20riesgos.pdf>.

HERNÁNDEZ, Yelena y RAMÍREZ, Hildebrando. *Evaluación del riesgo asociado a vulnerabilidad física por taludes y laderas inestables en la microcuenca Cay, Ibagué, Tolima, Colombia.* 111-128, s.l. : Ciencia e Ingeniería Neogranadina, 2016, Vols. 26-2.

FEDERACIÓN INTERNACIONAL DE SOCIEDADES DE LA CRUZ ROJA. Qué es un desastre? [En línea] 2017. [Citado el: 1 de Junio de 2017.] <http://www.ifrc.org/es/introduccion/disaster-management/sobre-desastres/que-es-un-desastre/>.

GOBERNACIÓN DEL VALLE DEL CAUCA. *Análisis de Situación de Salud con el Modelo de los Determinantes Sociales de Salud.* Ansermanuevo : Gobernación del Valle del Cauca , 2013.

MUNICIPIO DE ANSERMANUEVO. Decreto 4009. *Ansermanuevo.* [En línea] 2013. [Citado el: 20 de Mayo de 2017.]

http://repositorio.gestiondelriesgo.gov.co/bitstream/20.500.11762/20083/1/ANSERMANUEVO_VALLE_DEL_CAUCA_DECRETO_No.009_2013.pdf.

MUNICIPIO DE ANSERMANUEVO.. *Plan Local de Emergencia y Contingencias* . Ansermanuevo : Alcaldía Municipal, 2009.

REPÚBLICA DE COLOMBIA - MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. Reglamento colombiano de construcción sismo resistente NRS-10. [En línea] [Citado el: 1 de Mayo de 2017.] <https://www.idrd.gov.co/sitio/idrd/sites/default/files/imagenes/titulo-a-nsr-100.pdf>.

REPÚBLICA DE COLOMBIA - MINISTERIO DE VIVIENDA . Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico - RAS. [En línea] [Citado el: 1 de Junio de 2017.] <http://www.minvivienda.gov.co/viceministerios/viceministerio-de-agua/reglamento-tecnico-del-sector/reglamento-tecnico-del-sector-de-agua-potable>.

REPÚBLICA DE COLOMBIA, MINISTERIO DE TRANSPORTE - INSTITUTO NACIONAL DE VÍAS. *Manual de drenajes para carretera*. Bogotá : Instituto Nacional de Vías , 2009.

REPÚBLICA DE COLOMBIA, MINISTERIO DE TRANSPORTE - INSTITUTO NACIONAL DE VÍAS. *Manual para la inspección visual de estructuras de drenaj*. Bogotá : Universidad Nacional de Colombia , 2006.

REPÚBLICA DE COLOMBIA, MINISTERIO DE TRANSPORTE - INSTITUTO NACIONAL DE VÍAS. *Manual para la inspección visual de obras de estabilización* . Bogotá : Universidad Nacional de Colombia , 2006.

REPÚBLICA DE COLOMBIA, MINISTERIO DE TRANSPORTE - INSTITUTO NACIONAL DE VÍAS. *Manual para la inspección visual de pavimentos rígidos* . Bogotá : Universidad Nacional de Colombia, 2006.

UNIDAD NACIONAL PARA LA GESTIÓN DEL RIESGO DE DESASTRES - COLOMBIA. Plan Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres - 2015 - 2025. [En línea] 2015. [Citado el: 30 de Mayo de 2017.] <http://repositorio.gestiondelriesgo.gov.co/bitstream/20.500.11762/756/27/PNGRD-2016.pdf>.